



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



ESTUDIOS TEMÁTICOS PARA POTENCIAL MINERO Y
AGRÍCOLA A ESCALA DE MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA
Y ECONÓMICA DEL DISTRITO DE SAMÁN-PUNO.

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ELMER RUFO QUISPE DÍAZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mi madre Rosa, por su arduo trabajo y sacrificio, animándome a seguir adelante y perseverar en mis sueños. A mis hermanos por su apoyo incondicional.

Elmer Quispe



AGRADECIMIENTOS

Dar las gracias a esta Universidad Nacional del Altiplano – Puno en la cual me formé profesionalmente, así como muchos grandes profesionales que emergieron, y de la cual me siento orgulloso.

A esta Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por ende, a mis docentes que fueron responsables de mi formación profesional en cuanto a conocimientos y en la ética profesional.

Mi agradecimiento a Msc. Roger Gonzales Aliaga por sus enseñanzas en mi formación profesional y por su motivación a realizar un proyecto del cual me sienta orgulloso.

Amigos y colegas que me apoyaron e incentivaron a seguir adelante, así poder cumplir mis metas establecidas.

A todas las personas que de una u otra forma me brindan su apoyo y consideración para realizar este proyecto.

Mi total consideración al equipo de trabajo de la Actividad de Implementación de Procesos de Ordenamiento Territorial de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Puno, donde se viene ejecutando el proceso de micro Zonificación Ecológica Económica del ámbito priorizado, provincia de Azángaro, departamento de Puno.

Elmer Quispe



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 HIPÓTESIS..... 16

1.1.1 Hipótesis general 16

1.1.2 Hipótesis específica..... 16

1.2 OBJETIVOS 16

1.2.1 Objetivo general 16

1.2.2 Objetivos específicos 17

1.3 JUSTIFICACIÓN..... 17

CAPÍTULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES..... 18

2.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA..... 19

2.2.1 Geología en los procesos de zonificación ecológica y económica 19

2.2.2 Geomorfología en los procesos de zonificación ecológica y económica 20

2.3 INFORMACIÓN TEMÁTICA Y/O INSUMOS 21

2.3.1 Geoquímica y geoestadística en los procesos de zonificación ecológica y económica 21

2.3.2 Utilizacion de los sig en los procesos de microzonificación..... 29

2.4 POTENCIALIDADES FISICO - AMBIENTALES..... 31

2.4.1 Sub modelos de potencial..... 31

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES 33



3.1.1 Etapa de gabinete 1	33
3.1.2 Etapa de campo	33
3.1.3 Etapa de laboratorio	34
3.1.4 Etapa de gabinete 2	34
3.2 METODOLOGÍA EMPLEADA.....	35
3.2.1 Etapa de gabinete 1	35
3.2.2 Etapa de campo	41
3.2.3 Etapa de laboratorio	43
3.2.4 Etapa de gabinete 2	45
CAPÍTULO IV	
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	
4.1 UBICACIÓN.....	58
4.2 SUPERFICIE.....	58
4.3 LÍMITES POLÍTICOS.....	58
4.4 ACCESIBILIDAD.....	59
4.5 CLIMATOLOGÍA.....	60
4.5.1 Red de estaciones meteorológicas.....	60
4.5.2 Clasificación climática.....	60
4.5.3 Régimen de la precipitación estacional.....	62
4.5.4 Análisis de la precipitación máxima total multianual.....	64
4.5.5 Análisis de la precipitación mínima total multianual.....	64
4.5.6 Régimen de la temperatura mensual.....	65
4.6 GEOLOGÍA REGIONAL.....	66
CAPÍTULO V	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1 CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA Y GEOMORFOLOGICA.....	68
5.1.1 Litología.....	68
5.1.2 Geomorfología.....	82
5.2 INFORMACIÓN TEMÁTICA E INSUMOS GENERADOS.....	93
5.2.1 Ocurrencias minero metálicas.....	93
5.2.2 Ocurrencias minero no metálicas.....	93
5.2.3 Concesiones minero no metálicas.....	95
5.2.4 Geoquímica para potencial minero metálico.....	98



5.2.5 Geoquímica para potencial agrícola.....	100
5.2.6 Suelos	106
5.2.7 Capacidad de uso mayor	114
5.3 POTENCIALIDADES FÍSICAS-AMBIENTALES.....	116
5.3.1 Minería	116
5.3.2 Agricultura	152
VI. CONCLUSIONES.....	174
VII. RECOMENDACIONES	176
VIII. REFERENCIAS	178
ANEXOS.....	181

Área: Ingeniería

Línea: Geología Regional

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 08 de febrero de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nro. 1:	Elementos de un variograma	26
Figura Nro. 2:	Modelos Teóricos de Semivarianza.....	27
Figura Nro. 3:	Interpolación Kriging. Fuente (Sánchez, 2010).	28
Figura Nro. 4:	Modelo de microscopio EUROMEX acromático.....	34
Figura Nro. 5:	Combinación de banda RapidEye 3-2-1.....	35
Figura Nro. 6:	Combinación de banda RapidEye 5-3-1	36
Figura Nro. 7:	Combinación de banda RapidEye 1-3-5.....	37
Figura Nro. 8:	Resolución de las dos imágenes tomadas por los dos modelos digitales.	38
Figura Nro. 9:	Modelo de Elevación Digital del distrito de Samán.....	38
Figura Nro. 10:	Imagen Satelital Alos Palsar Recortada.	39
Figura Nro. 11:	Clasificación morfológica de Altitudes.....	39
Figura Nro. 12:	Mapa de pendientes.	40
Figura Nro. 13:	Trabajo de campo, corroboración de información.	41
Figura Nro. 14:	Flujo de la variable litológica.	47
Figura Nro. 15:	Flujo de la variable Geomorfológica.....	48
Figura Nro. 16:	Flujo de la variable Ocurrencias Minero Metálicas y no Metálicas... ..	49
Figura Nro. 17:	Flujo de la variable Geoquímica 1.....	49
Figura Nro. 18:	Flujo de la variable Concesiones Mineras.....	50
Figura Nro. 19:	Flujo de la variable Geoquímica 2.....	51
Figura Nro. 20:	Flujo de la variable Suelos.	52
Figura Nro. 21:	Flujo de la variable CUM.....	53
Figura Nro. 22:	Proceso metodológico para el desarrollo del sub modelo.	54
Figura Nro. 23:	Ubicación del área de estudio.....	59
Figura Nro. 24:	Precipitación total mensual multianual	62
Figura Nro. 25:	Histograma de precipitación Arapa.	63
Figura Nro. 26:	Histograma de precipitación Juliaca.....	63
Figura Nro. 27:	Histograma de precipitación Huancané.....	63
Figura Nro. 28:	Histograma de precipitación Taraco.....	64
Figura Nro. 29:	Temperatura media mensual del distrito de Samán.....	65
Figura Nro. 30:	Columna estratigráfica de cuenca de Putina. Fuente: Canaza Ortiz 2017.....	67
Figura Nro. 31:	Formación Chagrapi que tiene un proceso erosivo conformado por intercalaciones de limolitas y fangolitas.....	68
Figura Nro. 32:	Calizas de la Fm. Ayabacas que aflora al SW de la localidad de Samán.	69
Figura Nro. 33:	Calizas de la Fm. Muni.....	70
Figura Nro. 34:	Grupo Moho en el Cerro Chucaripo de Samán.	70
Figura Nro. 35:	Cantera en el Volcánico Tacaza en la comunidad de Jasana Chico. ..	71
Figura Nro. 36:	Depósitos Fluviales al NW del pueblo de Samán.	72
Figura Nro. 37:	Depósito Fluvio-aluvial (Qh-fa).....	72
Figura Nro. 38:	Depósito Aluvial (1) (Qh-al1).	73



Figura Nro. 39: Depósito aluvial 2 (Qh-al2).....	74
Figura Nro. 40: Depósito aluvial 3 (Qh-al3).....	74
Figura Nro. 41: Depósito aluvial 4 (Qh-al4).....	75
Figura Nro. 42: Depósito coluvial 1 (Qh-co1).....	75
Figura Nro. 43: Depósito coluvial 2 (Qh-co2).....	76
Figura Nro. 44: Depósito coluvial 3 (Qh-co3).....	76
Figura Nro. 45: Depósito Coluviales 4 (Qh-co4).....	77
Figura Nro. 46: Depósito coluvial 5 (Qh-co5).....	78
Figura Nro. 47: Depósito Coluvial 6 (Qh-co6).....	78
Figura Nro. 48: Depósito Coluviales 7 (Qh-co7).....	79
Figura Nro. 49: Depósito Lacustres (Qh-la).....	80
Figura Nro. 50: Intrusivo no denominado (PN-grd).....	80
Figura Nro. 51: Columna estratigrafía del distrito de Samán.....	81
Figura Nro. 52: Plaza de Armas Samán, donde se ubica el área urbana.....	82
Figura Nro. 53: Colina alta estructural del distrito de Samán.....	83
Figura Nro. 54: Colina baja estructural característico del distrito de Samán.....	83
Figura Nro. 55: Colina media estructural característico del distrito de Samán.....	84
Figura Nro. 56: Ladera de la colina alta coluvial del distrito de Samán.....	85
Figura Nro. 57: Ladera de la colina baja coluvial.....	85
Figura Nro. 58: Ladera de colina madia coluvial del distrito de Samán.....	86
Figura Nro. 59: Laguna.....	87
Figura Nro. 60: Lecho fluvial.....	87
Figura Nro. 61: Llanuras aluviales.....	88
Figura Nro. 62: Vista de llanura inundable en el distrito de Samán.....	88
Figura Nro. 63: Rio de Samán.....	89
Figura Nro. 64: Terraza fluvio-aluvial en el Rio de Samán.....	90
Figura Nro. 65: Valle aluvial.....	90
Figura Nro. 66: Valle coluvial.....	91
Figura Nro. 67: Depósito de agregados (Grava y Arena) en la comunidad de Acarapisco cercano al Pueblo de Samán.....	95
Figura Nro. 68: Cantera de Yeso en la Comunidad campesina de Jasana Grande.....	95
Figura Nro. 69: Estadística de datos, Potasio.....	102
Figura Nro. 70: Semivariograma Ajustado de Potasio.....	102
Figura Nro. 71: Estadística de datos, Fósforo.....	103
Figura Nro. 72: Semivariograma Ajustado de Fósforo.....	103
Figura Nro. 73: Estadística de datos, Magesio.....	104
Figura Nro. 74: Semivariograma Ajustado de Magnesio.....	104
Figura Nro. 75: Estadística de datos, Calcio.....	105
Figura Nro. 76: Semivariograma Ajustado de Calcio.....	105
Figura Nro. 77: Distribución porcentual del CUM.....	116
Figura Nro. 78: Identificación y ponderación de las variables para calcular el potencial minero metálico en el ámbito priorizado.....	117
Figura Nro. 79: Construcción del diseño lógico - Flujo SIG para el Sub Modelo del Potencial Minero Metálico.....	118



Figura Nro. 80: Mapa ponderativo de la variable litológica.	122
Figura Nro. 81: Mapa ponderativo de la variable geoquímica.	125
Figura Nro. 82: Mapa ponderativo de la variable ocurrencias mineras.	128
Figura Nro. 83: Mapa del sub modelo de recursos naturales no renovables minero metálico.	132
Figura Nro. 84: Extensión superficial del Sub Modelo Auxiliar Potencial Minero Metálico.	133
Figura Nro. 85: Variables temáticas que conformara el Sub modelo del potencial minero no metálico.	134
Figura Nro. 86: Construcción del diseño lógico - Flujo SIG para el Sub Modelo del Potencial Minero No Metálico.	135
Figura Nro. 87: Mapa ponderativo de la variable litológica.	139
Figura Nro. 88: Mapa ponderativo de la variable Ocurrencias Minero no Metálicas.	142
Figura Nro. 89: Mapa ponderativo de la variable Concesiones Minero no metálicas.	145
Figura Nro. 90: Torta estadística de distribución porcentual del potencial minero no metálico.	149
Figura Nro. 91: Mapa: Sub-modelo de Potencial Minero no Metálico – Distrito de Samán.	151
Figura Nro. 92: Identificación y ponderación de las variables para calcular el Potencial Agrícola para Quinua en el ámbito priorizado.	152
Figura Nro. 93: Construcción del diseño lógico - Flujo SIG para el Sub Modelo del Potencial Agrícola para Quinua.	153
Figura Nro. 94: Mapa ponderativo de la variable litológica.	157
Figura Nro. 95: Mapa ponderativo de la variable geoquímica.	160
Figura Nro. 96: Mapa de ponderación de suelos para Aptitud Quinua.	164
Figura Nro. 97: Ponderación de CUM para Aptitud Quinua.	167
Figura Nro. 98: Torta estadística de distribución porcentual del potencial Agrícola para Quinua.	171
Figura Nro. 99: Mapa sub modelo final del potencial Agrícola para Quinua.	173



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nro. 1:	Especificaciones Técnicas de las Bandas de Satélite RapidEye.	31
Tabla Nro. 2:	Rango de Pendientes.....	40
Tabla Nro. 3:	Descripción de muestras enviadas al laboratorio.	43
Tabla Nro. 4:	Descripción de calicatas.	44
Tabla Nro. 5:	Cuadro comparativo, geología.....	46
Tabla Nro. 6:	Cuadro comparativo, Geomorfología.	47
Tabla Nro. 7:	Criterios de valoración de las variables.....	54
Tabla Nro. 8:	Ponderación según color RGB.	55
Tabla Nro. 9:	Cuadro de matriz de niveles numéricos por colores RGB.	55
Tabla Nro. 10:	Explicación desarrollada de la matriz pareada SAATY.....	56
Tabla Nro. 11:	Acceso al área de Estudio.....	59
Tabla Nro. 12:	Red de estaciones meteorológicas.....	60
Tabla Nro. 13:	Clasificación Climática según Índice de Lang.	61
Tabla Nro. 14:	Clasificación Climática según Índice de Martonne.....	61
Tabla Nro. 15:	Tipos de Clima según el criterio UNESCO-FAO.....	62
Tabla Nro. 16:	Registro de precipitación total mensual multianual.....	62
Tabla Nro. 17:	Registro de Precipitación máxima total multianual.....	64
Tabla Nro. 18:	Registro de precipitación mínima total multianual.	65
Tabla Nro. 19:	Clasificación Jerarquizada de las unidades Geomorfológicas, representadas en área y porcentaje.	92
Tabla Nro. 20:	Representación de las ocurrencias mineras no metálicas en el distrito de Samán.	94
Tabla Nro. 21:	Relación de muestras enviadas para el análisis de laboratorio.	98
Tabla Nro. 22:	Resultados de las muestras enviadas al laboratorio.....	99
Tabla Nro. 23:	Tabla de valores de fondo y anomalías Geoquímicas.	100
Tabla Nro. 24:	Comparación de la composición de minerales de semilla de quinua con algunos cereales.....	100
Tabla Nro. 25:	Resultados, análisis de muestras (Caracterización de Suelos).	101
Tabla Nro. 26:	Clasificación natural del suelo.....	106
Tabla Nro. 27:	Cuadro de clasificación de unidades cartográficas de suelos.	107
Tabla Nro. 28:	Unidades Cartográficas de Capacidad de Uso Mayor de las tierras identificadas en el estudio.	114
Tabla Nro. 29:	Asignación de valoración a la variable litológica.....	120
Tabla Nro. 30:	Criterios de valoración: Variable Litológica.	121
Tabla Nro. 31:	Cuadro de criterios de valoración: Variable Geoquímica.	124
Tabla Nro. 32:	Cuadro de las ocurrencias mineras metálicas.	126
Tabla Nro. 33:	Cuadro de criterios de valoración Variable Ocurrencias minero metálicas.	126
Tabla Nro. 34:	Matriz de datos pareados.	130
Tabla Nro. 35:	Matriz de normalización.....	130
Tabla Nro. 36:	Explicación desarrollada de la matriz pareada.	131
Tabla Nro. 37:	Valoraciones del sub modelo auxiliar potencial minero metálico....	133



Tabla Nro. 38: Ponderación litológica.	136
Tabla Nro. 39: Cuadro de criterios de valoración Variable Litológica.....	138
Tabla Nro. 40. Cuadro de ponderación de ocurrencias y depósitos de rocas y minerales.	140
Tabla Nro. 41: Cuadro de criterios de valoración Ocurrencias Mineras.	141
Tabla Nro. 42: Cuadro de ponderación Concesiones Mineras.	143
Tabla Nro. 43: Cuadro de criterios de valoración, variable Concesiones mineras. ...	144
Tabla Nro. 44: Matriz de datos pareados.	147
Tabla Nro. 45: Matriz de normalización.	148
Tabla Nro. 46. Explicación desarrollada de cada variable.	148
Tabla Nro. 47. Cuadro de porcentajes de niveles del potencial minero no metálico.	150
Tabla Nro. 48: Asignación de valoración a la variable litológica.....	154
Tabla Nro. 49: Criterios de valoración, variable litología.	155
Tabla Nro. 50: Cuadro de criterios de valoración, variable geoquímica.	159
Tabla Nro. 51: Asignación de valoración a la variable Suelos.	161
Tabla Nro. 52: Cuadro de criterios de valoración, variable Suelos.	163
Tabla Nro. 53: Asignación de valoración a la variable CUM.....	165
Tabla Nro. 54: Cuadro de criterios de valoración, variable CUM.....	166
Tabla Nro. 55: Matriz de datos pareados.	169
Tabla Nro. 56: Matriz de normalización.	170
Tabla Nro. 57: Cuadro de ponderación (pesos).	170
Tabla Nro. 58: Cuadro de porcentajes de niveles del potencial Agrícola para Quinua.	172



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

MINAM:	Ministerio del Ambiente
O.T.:	Ordenamiento Territorial
S.I.G.:	Sistema de Información Geográfica
Z.E.E.:	Zonificación Ecológica y Económica
P.M.N.M.:	Potencial Minero No Metálico
P.M.M.:	Potencial Minero Metálico
P.G.Q.:	Potencial Geoquímico de Quinua
CUM.:	Capacidad de uso mayor
S.M.:	Sub Modelo
INGEMMET:	Instituto Geológico Minero Metalúrgico
DRME:	Dirección de Recursos Minerales y Energéticos
D.E.M.:	Modelo de Elevación Digital.
I.G.N.:	Instituto Geográfico Nacional.
I.G.P.:	Instituto Geofísico del Perú.
D.R.E.M.:	Dirección Regional de Energía y Minas.
U.S.G.S.:	United States Geological Survey



RESUMEN

El distrito Samán que es uno de los 15 distritos de la Provincia de Azángaro se encuentra ubicado en la parte central del Departamento de Puno, y es uno de los distritos que ha sido elegido por el estado y la unión Europea para promover la implementación de prácticas de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. La presente tesis tiene la intención de mostrar otras aplicaciones de la geología en cuanto respecta a la minería y la agricultura; dando propuestas sobre una visión espacial de los aspectos físicos del territorio a través de la realización de insumos temáticos y mapas de potencialidad. La metodología usada en el presente proyecto es de carácter descriptivo y cuantitativo, el cual consta de cuatro etapas de investigación. Donde se obtuvieron dos mapas temáticos actualizados a escala 1/25000: mapa geológico y mapa geomorfológico, de los cuales se encontraron 24 unidades litológicas, constituidas por sedimentos cuaternarios tales como depósitos aluviales-1 que representa el 39.72 % del área total, siendo este tipo de litología la que mayor representatividad tiene en el distrito de Samán. Entre las unidades litológicas con menor extensión están constituidas por sedimentos cuaternarios como es el caso de; depósitos coluviales-3 (Qh-co3) que representa el 0.17 % del área total. Con respecto a la geomorfología se identificaron 16 unidades; de las cuales, las que más predominan son las llanuras aluviales que representa el 41.64% del área total seguidas de llanuras inundables que representa el 11.69% del área total. La información temática generada en el distrito de Samán consta de mapas que son: Ocurrencias minero metálicas y no metálicas, Concesiones mineras, Geoquímica, Capacidad de Uso mayor y Suelos. Esta información que se generó sirvió, bajo un criterio de ponderación estadística, para la elaboración de un nuevo mapa que muestra las potencialidades, las cuales son: Potencial minero metálico 0.37%, potencial minero no metálico 14.88%, potencial agrícola con aptitud para quinua 22.07%. Teniendo como resultado que este distrito reúne condiciones necesarias para el sembrío de quinua de calidad.

Palabras clave (Keywords): Sub-modelo, Mapa temático, Imágenes Satelitales, Microzonificación, Recursos naturales.



ABSTRACT

The Saman district, which is one of the 15 districts of the Province of Azángaro, is located in the central part of the Department of Puno, and is one of the districts that has been chosen by the state and the European Union to promote the implementation of practices for sustainable use of natural resources. The present thesis intends to show other applications of geology with respect to mining and agriculture; giving proposals on a spatial vision of the physical aspects of the territory through the realization of thematic inputs and potentiality maps. The methodology used in this project is descriptive and quantitative, which consists of four research stages. Two updated thematic maps were obtained at 1/25000 scale: geological map and geomorphological map, from which 24 lithological units were found, made up of Quaternary sediments such as alluvial deposits-1 representing 39.72% of the total area, being this type of lithology the most representative in the Samán district. Among the lithological units with less extension are Quaternary sediments such as colluvial deposits-3 (Qh-co3), which represents 0.17% of the total area. With respect to geomorphology, 16 units were identified, of which the most predominant are alluvial plains, representing 41.64% of the total area, followed by flood plains, representing 11.69% of the total area. The thematic information generated in the Samán district consists of maps that are: Metallic and non-metallic mining occurrences, Mining Concessions, Geochemistry, Major Use Capacity and Soils. This information generated was used, under a statistical weighting criterion, for the preparation of a new map showing the potentialities, which are: Metallic mining potential 0.37%, non-metallic mining potential 14.88%, agricultural potential with aptitude for quinoa 22.07%. As a result, this district meets the necessary conditions for planting quality quinoa.

Keywords: Sub-model, Thematic Map, Satellite Images, Microzonation, Natural Resources.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La actividad, implementación de procesos de ordenamiento territorial del departamento de Puno, que se ejecutó bajo la supervisión de la Gerencia de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Gobierno Regional Puno, y conlleva a la elaboración de información geoespacial en cuanto a las aptitudes y potencialidades de nuestro territorio.

El Gobierno Regional de Puno con el Apoyo Presupuestario de la Comunidad Europea al Programa Presupuestal 035 de Gestión Sostenible de los Recursos Naturales, EURO ECOTRADE, bajo la supervisión de la gerencia regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, viene desarrollando el estudio de Microzonificación Ecológica y Económica del distrito de Samán, provincia de Azángaro.

El Distrito de Samán y sus comunidades aledañas tienen serias restricciones en el desarrollo de las actividades productivas como escaso conocimiento sobre la función de los agroecosistemas, potencialidades, productividad y aptitud

De esta manera se generó información espacial para la identificación de áreas potenciales con aptitudes mineras metálicas, no metálicas y también Agrícola que especialmente está enfocada en la quinua, mediante la caracterización y análisis del medio físico, en cual se tuvo como base testimonios bibliográficos y cartográficos de geología, geomorfología, geología económica, etc., publicados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Dirección regional de Energía y Minas (DREM) y la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (EPIG-UNAP).

La investigación a nivel de microzonificación conduce a un estudio más detallado (Escala 1:25000); en donde el mapeo geológico y geomorfológico son importantes como



base para la elaboración de posteriores mapas, modelos de potencial. Y estos sub modelos a su vez constituirán un referente importante en el proceso de ordenamiento territorial de los predios del distrito de Samán, que tratará de posibilitar el proceso de promoción de las inversiones públicas y privadas, que constituirá en un instrumento de gestión adecuado en la solución de conflictos de uso de las tierra y aptitud vocacional del terreno.

1.1 HIPÓTESIS

1.1.1 Hipótesis General

El criterio y las herramientas geológicas son importantes en la construcción y elaboración de mapas temáticos, a partir de los cuales usando un lenguaje de programación visual se generará cartografía espacial del Sub-modelo de Potencial Minero y Agrícola (enfocada en la quinua) del distrito de Samán.

1.1.2 Hipótesis Específica

Las características geológicas del distrito de Samán a diversas escalas podrán ser utilizadas para una gran variedad estudios del medio físico.

Los insumos temáticos necesarios para este proyecto serán: Geoquímica, Concesiones Mineras, Depósitos minerales, Análisis de suelos, Capacidad de uso Mayor, etc.

Las potencialidades físicas-ambientales del distrito de Samán aportarán conocimiento para el posible uso del territorio de manera sostenible y sustentable, así evitar conflictos de tipo social-económico.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Zonificar las potencialidades físico ambientales que tiene el distrito de Samán en cuanto a la minería y agricultura.



1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar el mapeo geológico y geomorfológico del distrito de Samán a escala de microzonificación.
- Generar información temática e insumos como son: Geoquímica, concesiones mineras, análisis de suelos, etc.
- Obtener un mapa que muestre las potencialidades físicas-ambientales tiene el distrito de Samán en cuanto a la minería y agricultura.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La Zonificación Ecológica Económica (ZEE) es un instrumento técnico de caracterización del territorio, principalmente de los aspectos físicos y biológicos

Entonces por lo mencionado, el criterio geológico forma parte importante en el proceso de elaboración de una ZEE, con lo cual se genera información temática para el análisis de las características físicas de un determinado territorio, en donde se expone principalmente la composición de las unidades litológicas para comprender y planificar diferentes enfoques tanto ecológicos y económicos. La presente tesis, desde el punto de vista del desarrollo sostenible, tiene la intención de innovar la utilización de nuevas herramientas, metodologías para la cuantificación y caracterización de recursos que presenta un determinado territorio, en este caso el distrito de Samán.



CAPÍTULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Implementación de los sistemas de información geográfica SIG para la elaboración de mapas temáticos ambientales en el municipio de Santander de Quilichao – Colombia. M. Vargas (2019)

Determinación del uso potencial agrícola mediante modelación geoespacial y análisis multicriterio para la cuenca balsas mezcala – méxico. A. Espejel-García 2015.

La aprobación de la Mesozonificación Ecológica y Económica del departamento de Puno se dio posterior a socialización y validación con la Ordenanza Regional N° 014-2015-GRP/CR, aprueban la Mesozonificación Ecológica y Económica del departamento de Puno, ejecutada escala 1: 50.000 y posteriormente emite MINAN el Oficio N° 00253-2015 MINAM/VMDERN/DGOT, en la cual emiten la opinión favorable a la “Propuesta de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) del departamento de Puno”, en tal sentido se tiene aprobado Mesozonificación Ecológica y Económica del departamento de Puno.

ZONIFICACION ECOLOGICA ECONOMICA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO. Con participación del Ing. Roger Gonzales Aliaga a escala 1/100000 en el año 2015 - 2016 en área de Geología y geomorfología.

ZONIFICACION ECOLOGICA ECONOMICA DE LAS CUENCAS INTERMEDIAS. Con participación de Roger Gonzales Aliaga a escala 1/100000 en el año 2013 en área de geología.

El D.S N° 087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica-ZEE, en su artículo 11° establece que el MINAM (ex - CONAM) en su condición de



Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de la gestión de ZEE en el país, llevar un registro de los mismos, y elaborar el Plan Operativo BIANUAL de Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial (Artículo 19°).

DCD N° 010-2006-CONAM/CD, directiva “Metodología para la Zonificación Ecológica y Económica” en el Capítulo I: Disposiciones Generales numeral 1.3 Objetivo de la directiva: Establece la metodología a seguir para la Zonificación Ecológica y Económica-ZEE en ámbitos de diferente alcance territorial.

Como resultado de la Ordenanza Regional N° 036-2006-GRP, de fecha 14-07-2006 donde se declara de interés regional la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) y Ordenamiento Territorial de la Región Puno, y se conforma la Comisión Técnica Multisectorial del Proceso (ZEE) que recae en la responsabilidad de los conformantes significativos de las provincias de: Puno, San Román, Lampa, Huancané, Moho, Azángaro, Melgar, PELT, DRA, INGEMMET, etc., se formula el proyecto de Inversión Pública denominado “Desarrollo de Capacidades para el Ordenamiento Territorial de la Región de Puno” a nivel de macro zonificación con código SNIP N 43711.

2.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

2.2.1 GEOLOGÍA EN LOS PROCESOS DE ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA

La geología dentro de sus múltiples aplicaciones estudia los mecanismos, fenómenos y características geológicas que influyen en la relación entre el hombre y el medio que lo rodea. Estudios que contribuyen sustancial y adecuadamente en la planificación del uso del territorio en este caso para la ZEE y los POT (Lopez Ramirez, 2018). Las comunidades humanas interactúan con el territorio en el que habitan y lo aprovechan para garantizar su subsistencia por medio de la explotación y uso de sus recursos: suelo, subsuelo, agua, flora y fauna. Una de las necesidades prioritarias que ha



tenido que resolver el ser humano durante su desarrollo, ha sido la de encontrar espacios adecuados para establecerse. Espacios que además de tener características físicas apropiadas para garantizar su seguridad ante los fenómenos de la naturaleza, también ofrecieran un acceso a los elementos indispensables que ha requerido para su subsistencia. La mayor demanda de espacios y territorios, ha sido inducida por procesos acelerados de crecimiento de la población y por las altas tasas de concentración poblacional en los centros urbanos, lo que a su vez genera la explotación desmesurada de recursos naturales. Para el desarrollo regional es esencial que los minerales, el agua subterránea, el agua geotérmica y los hidrocarburos estén incluidos en el planeamiento de la utilización del territorio. De igual forma los peligros geológicos, es decir, deslizamientos, aluviones, inundaciones, erupciones volcánicas, tsunamis y también los sísmicos deben ser considerados como limitantes o restricciones en la planificación. (Carlotto et al., 2010)

2.2.2 GEOMORFOLOGÍA EN LOS PROCESOS DE ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA

La geomorfología como ciencia que estudia los fenómenos sobre y cerca de la superficie terrestre y se preocupa de las interacciones entre varios tipos de materiales y procesos, implicando los sólidos, líquidos y gaseosos. (Gutiérrez Elorza, 2008).

Mediante el análisis de las características geomorfológicas y biofísicas de un área de estudio, los autores definen unidades fisiográficas que son valoradas en cuanto a su sensibilidad natural y de acuerdo, a la agresividad de las actividades humanas actuales y potenciales.(Pilco Mamani, 2017). Esta evaluación permite recomendar vocaciones de uso, las cuales son contrastadas con la zonificación óptima definida mediante la evaluación de aptitudes de uso de los distintos elementos del medio natural a fin de proponer, finalmente, usos sustentables. (Castro & Bringnardello, 2005). Estos a su vez



sirven para una clasificación taxonómica de suelos, que posteriormente sirven para un direccionamiento en cuanto a capacidad de uso mayor. (Ninaraqui Borda, 2014).

2.3 INFORMACIÓN TEMÁTICA Y/O INSUMOS

2.3.1 GEOQUÍMICA Y GEOESTADÍSTICA EN LOS PROCESOS DE ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA

2.3.1.1 Geoquímica

El análisis químico de muestras y su interpretación forma parte de las etapas de prospección geoquímica, evaluando la capacidad de transporte de los fluidos, grado de dispersión de los elementos, complejos químicos, condiciones termodinámicas y fisicoquímicas. (Smith & Baker, 1978).

2.3.1.2 Geoquímica en suelos

Los suelos son uno de los medios más representativos del ambiente superficial, por lo cual aparecen en la mayoría de las investigaciones geoquímicas y ambientales y se toman como un reflejo de las variaciones de la composición geogénica de las capas más superficiales de la corteza terrestre. (Prieto & Espinoza, 2011).

2.3.1.3 Geoestadística

Kriging

La estimación por kriging constituye uno de los principales elementos de la Geoestadística y definió una nueva era en las tareas de pronóstico en las ciencias geológicas, mineras y otras que han empleado los conceptos y procedimientos de esta rama aplicada de las Matemáticas. Sin embargo, el triunfo de la Geoestadística dentro de la práctica geológica y minera todavía es ensombrecido por el hecho de que la varianza de estimación -parámetro que se optimiza al aplicar el método solo depende, a través del variograma, de la posición geométrica de los datos con respecto al punto o panel donde se estima la variable que se estudia, es decir, que esta varianza no está relacionada

funcionalmente con los valores particulares de la variable en los puntos. (Legrá Lobaina & Atanes Beatón, 2010).

Estimación por Kriging

Según (David, 2012), la estimación por kriging parte del conocimiento de los valores de la variable W en un conjunto de n puntos P_i , o sea, se conocen los datos (P_i, W_i) con $i=1,2,\dots,n$. Se supone estudiada la variabilidad del comportamiento de W en el dominio D que se investiga, y esta variabilidad se expresa por el variograma $\gamma(h)$ que es una función de la distancia euclidiana h definida entre puntos del dominio D . La expresión analítica de este variograma, usualmente se obtiene mediante el ajuste de uno o varios modelos teóricos a un variograma experimental y debe cumplir cierta restricción, basada en la necesidad de que la varianza de cualquier estimación debe ser nula o positiva. La estimación por kriging del valor de W en un panel A se define como:

$$W_e = W(A) = \sum_{i=1}^k a_i W(P_i)$$

Donde debe anotarse que son considerados k puntos ($k \leq n$) para realizar esta estimación.

Se quieren encontrar valores adecuados de a_i (conocidos como pesos o ponderadores) tales que se cumplan dos condiciones:

1. $\sum_{i=1}^k a_i = 1$, si la media no es conocida.

2. Se minimice la varianza de estimación:

$$\sigma_e^2 = 2 \sum_{i=1}^k a_i \gamma(P_i, A) - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k a_i a_j \gamma(P_i, P_j) - \gamma(A, A)$$

Donde $\gamma(P_i, A)$ indica la variabilidad de cada punto P_i con respecto al panel A . El valor $\gamma(P_i, P_j)$ es la variabilidad entre los puntos P_i y P_j . Finalmente $\gamma(A, A)$ es la variabilidad total del panel A . O sea, que la varianza de estimación depende de la relación

de las muestras con el panel A , de la relación entre las muestras, y de la variación de calidad dentro del panel a estimar (Clark, 1979), pág. 88).

Aplicando el método de los multiplicadores de Lagrange (David, 2012) se ha demostrado que los valores a_i se determinan resolviendo el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\begin{cases} \gamma_{11}a_1 + \gamma_{12}a_2 + \dots + \gamma_{1k}a_k + \mu = \gamma_{1A} \\ \gamma_{21}a_1 + \gamma_{22}a_2 + \dots + \gamma_{2k}a_k + \mu = \gamma_{2A} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{k1}a_1 + \gamma_{k2}a_2 + \dots + \gamma_{kk}a_k + \mu = \gamma_{kA} \\ a_1 + a_2 + \dots + a_k = 1 \end{cases}$$

Donde se ha simplificado la notación tomando $\gamma_{ij} = \gamma(P_i, P_j)$ y tomando $\gamma_{iA} = \gamma(P_i, A)$. El valor auxiliar μ es el multiplicador de Lagrange. La varianza de estimación ahora queda determinada por la expresión:

$$\sigma_e^2 = \sum_{i=1}^k a_i \gamma(P_i, A) + \mu - \gamma(A, A)$$

la posición geométrica de los puntos P_i ya que son las distancias entre cada dato usado y el panel los que determinan los valores de cada término $\gamma(P_i, A)$ y de cada peso a_i . O sea, σ_e^2 no depende de los valores particulares $W(P_i)$, $i=1, 2, \dots, k$. De esta formulación puede derivarse el caso de la estimación puntual considerando idealmente el panel A con las dimensiones de un punto P_e . La expresión $\gamma(P_i, A)$ se reduce a $\gamma(P_i, P_e)$ y $\gamma(A, A) = 0$.

Existe una importante propiedad de la estimación por Kriging que resulta indispensable recordar: el *efecto screen* (David, 2012). A medida que la variabilidad de los valores de W tiende a ser independiente de la distancia entre los puntos, o sea, el

comportamiento de W tiende a ser completamente aleatorio, entonces los valores de a_i tienden a $1/K$ y σ^2 tiende a σ^2 / K (σ^2 es la varianza de W en los datos).

Elementos básicos en la práctica del Kriging

Variograma y semivariograma

Permite identificar la naturaleza de la variabilidad espacial de la propiedad está compuesta por un componente espacial correlacionado y un componente a alzar no relacionado espacialmente (Webster & Burgess, 1980). El semivariograma permite obtener el conocimiento cuantitativo de como la variable en estudio cambia de una localidad a otra (González et al., 2007).

El semivariograma representa la mitad del variograma y está expresado por la siguiente ecuación:

Donde:

$$\gamma(\vec{h}) = \frac{\sum(Z(x+h) - Z(x))^2}{2n}$$

Donde:

$\gamma(\vec{h})$ semivarianza; n número de pares separados por una distancia h ; $Z(x)$ valor de la propiedad en un lugar x ; $Z(x+h)$ valor de una propiedad a una distancia h del lugar x .

Modelos teóricos de semivarianza

La práctica de la estimación por Kriging tiene mucho de arte: hay que conocer profundamente sus aspectos técnicos, es indispensable la práctica y, además, es necesaria cierta dosis de inspiración. Todos los autores reconocen que lo primario es realizar un correcto análisis variográfico, que consiste básicamente en determinar los siguientes elementos:

- Efecto pepita.
- Alcance.



- Meseta.
- Tipo de variograma.

Luego, teniendo en cuenta las características particulares del problema, establecer el tipo de Kriging que se utilizará, así como sus parámetros (forma y dimensiones de los paneles, estrategias de búsqueda, tratamiento de los pesos negativos, etc.) En la bibliografía referida al final de este trabajo (y en otras), han sido profusamente tratadas las caracterizaciones y los procedimientos para determinar dichos parámetros, por lo que este artículo concentra la atención en la influencia que tienen éstos, y otros elementos, en el valor estimado W_e y en el valor de la varianza de estimación σ_e^2 .

Efecto Pepita: desde el punto de vista numérico esta variable que generalmente se denota C_o , toma valores no negativos y en la medida que aumenta, desde cero hasta el valor de la varianza de los datos σ^2 , se tiene que:

- a) Los valores de los pesos a_i tienden al valor $1/K$.
- b) El valor estimado W_e tiende a la media aritmética de los datos $W(P_i)$ con $i=1,2,\dots,k$.
- c) El valor de μ aumenta y tiende a σ^2/K .
- d) El valor de σ_e^2 aumenta hasta σ^2/K cuando se trata de Kriging de bloque y hasta $\sigma^2 + \sigma^2/k$ cuando es Kriging puntual.

Alcance: para un variograma simple y transitivo, en la medida que el alcance aumenta desde cero hasta el valor de la mayor distancia entre dos puntos pertenecientes a los datos, se produce un cambio importante en el modelo de la variabilidad expresado mediante el variograma. Se tiene que:

Cuando se trata de variogramas anidados y se ha considerado una anisotropía global, los cambios en el alcance de cualquiera de las estructuras que forman a los variogramas producen efectos análogos.

Meseta: en el caso de variogramas simples (no compuestos), cuando el resto de los elementos permanece invariable, al aumentar el valor de la meseta:

- Permanece constante el valor estimado W_e .
- Aumenta el valor de la varianza de estimación σ_e^2 .

Vale decir que para variogramas anidados el valor de W_e no permanece constante.

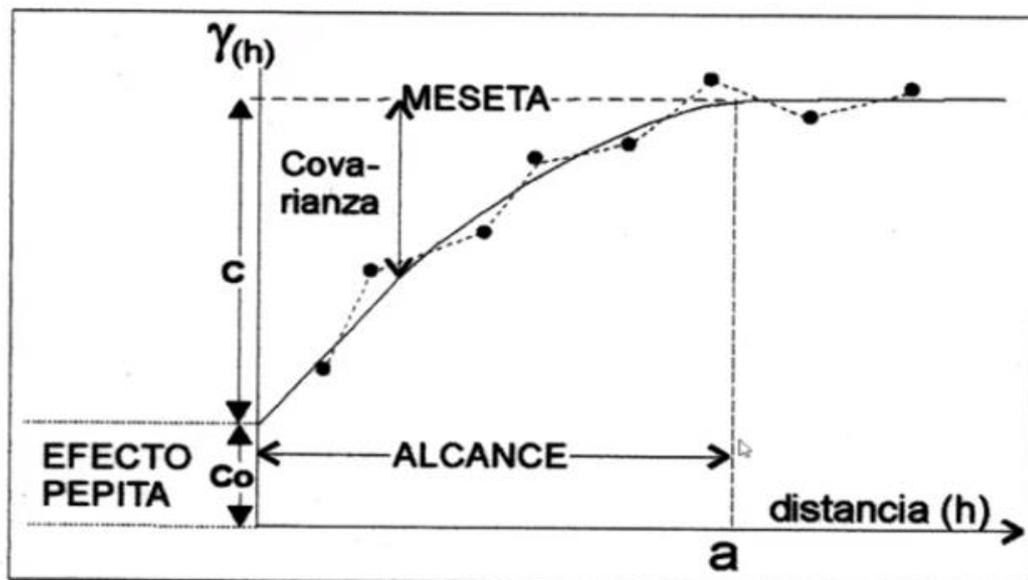


Figura Nro. 1: Elementos de un variograma

Los modelos experimentales de semivarianza (Figura Nro. 3) más utilizados dentro de la predicción de valores geoquímicos son exponencial, gaussiano y esférico.

Modelo	Características	Ecuación
Exponencial	Dependencia espacial exponencial respecto a la distancia entre observaciones	$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left(1 - \exp\left(\frac{-3h}{a}\right) \right)$
Gaussiano	De forma parabólica, la dependencia espacial se desvanece solo en una distancia que tiende a infinito	$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left(1 - \exp\left(\frac{-h^2}{a^2}\right) \right)$
Esférico	Crecimiento rápido cerca del origen	$\gamma(h) = \left\{ C_0 + C_1 \left(\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right) \right\} \quad h \leq a$ $\gamma(h) = \{C_0 + C_1\} \quad h > a$
Monómico	Modelos que no alcanzan la meseta, es decir son lineales	$\gamma(h) = kh^\theta \quad 0 < \theta < 2$
Pepita Puro	Carencia de correlación espacial entre las observaciones de una variable	$\gamma(h) = 0 \quad h=0$ $\gamma(h) = C_0 \quad h>0 \quad C_0 > 0$

Figura Nro. 2: Modelos Teóricos de Semivarianza.

Fuente: (González, J., Guerra, F., & Gómez, H. (2007).

Método de Interpolación Kriging

Es un método de interpolación que predice valores no existentes o no determinados a partir de valores conocidos cercanos. El método de Kriging Ordinario se fundamenta en identificar si la media es o no constante en el espacio. El método de Kriging Ordinario está expresado por la siguiente ecuación (Caballero et al., 2013).

$$Z(x_0) = \sum_1^n \lambda_i Z(x_i)$$

Donde:

$Z(x_0)$ estimado del atributo; $Z(x_i)$ valor de una propiedad a una distancia h del lugar

$Z(x_0)$; λ_i ponderaciones aplicadas a cada $Z(x_i)$; n número de muestras vecinas a $Z(x_0)$.

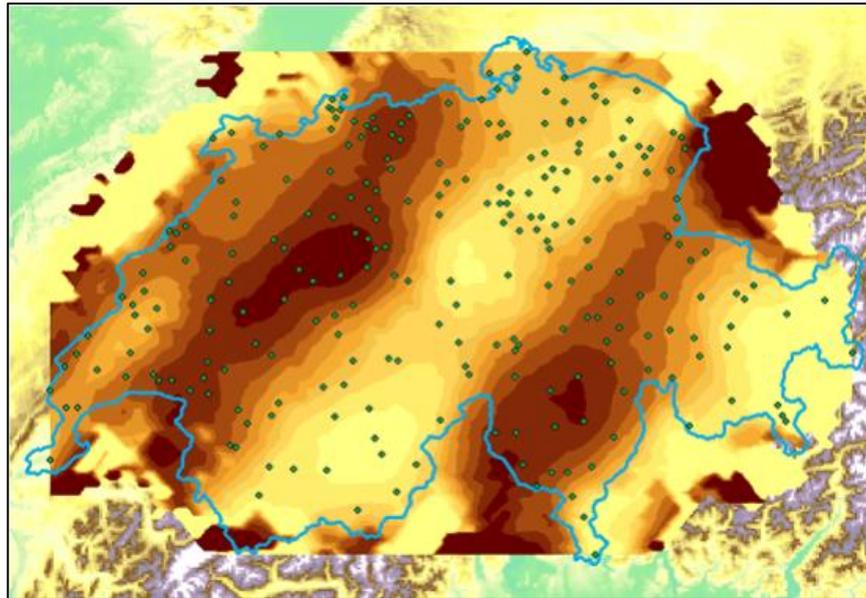


Figura Nro. 3: *Interpolación Kriging. Fuente (Sánchez, 2010).*

2.3.1.4 Matriz SAATY

La matriz Saaty o también conocida como el método de jerarquías analíticas **AHP** (**Analytic Hierarchy Process**) nos va a dar los pesos que reflejan la importancia relativa de los criterios C_1 , C_2 , ... C_n . La medida de la consistencia de los juicios de valor asignados a cada criterio nos la va a proporcionar la llamada razón de consistencia (RC), que se obtiene a través del cálculo del valor principal de la matriz o valor propio (λ_{max}). (Zanazzi, 2003).

Se aboca al diseño de métodos que faciliten el desarrollo de procesos de decisión. Así entonces, es de interés para la DMD todo problema donde sea preciso seleccionar una alternativa como la más conveniente, ordenar un conjunto de alternativas en función de su nivel de preferencias o clasificarlas conforme a una cierta cantidad de criterios. (Saaty & Vargas, 1980).



2.3.2 UTILIZACION DE LOS SIG EN LOS PROCESOS DE MICROZONIFICACIÓN

(Alzate, 2001), articula que el SIG juega un papel importante como el de almacenar y manejar los datos de entrada y los resultados, preprocesamiento de datos de entrada (edición, transformación, interpolación, derivación de parámetros, etc.), análisis y visualización de los resultados, además de proveer el ambiente computacional y las herramientas para la simulación.(Flores et al., 2013). En relación con el modelamiento, los SIG cada vez ofrecen más facilidades de desarrollar modelos y simulaciones de procesos del mundo real, a través del modelamiento simple soportando por la mayoría de los SIG comerciales, bien sea en estructuras de datos ráster o vector. Otros SIG han desarrollado numerosas extensiones para la integración de modelos complejos (3D, métodos matemáticos, modelos hidrológicos).(Rodríguez Achung et al., 2007).

2.3.2.1 Shapefile

El Shapefile es un formato de representación vectorial desarrollado por ESRI (Environmental Systems Research Institute). Consta de un número variable de archivos, en los que se almacena digitalmente la localización de los elementos geográficos (archivo shape *.shp) junto con sus atributos o características (tabla dBase *.dbf). (Puerta Tuesta et al., 2011).

2.3.2.2 Modelo ráster

(Lantada & Nuñez, 2004), indica que el modelo ráster centra su interés más en las propiedades del espacio que en la representación precisa de los elementos que lo conforman. Para ello la estructura del espacio en una serie de elementos discretos por medio de una retícula regular, generalmente compuesta por celdas cuadradas, también llamadas “pixel”, cada una de esas celdas se considera como indivisible y es identificable por su número de fila y columna.



2.3.2.3 Modelo de Elevación Digital (DEM)

En los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la superficie de la Tierra es representada con Modelos Digitales de Elevación (DEM) que permiten obtener información de altitud en cualquier punto de un área específica. Esta propiedad se diferencia de un conjunto de datos de elevación, como, por ejemplo, las curvas de nivel. Los DEM pueden ser representados en formato regular o irregular; el primero es el más extensamente utilizado y consiste en una malla de celdas de igual tamaño (píxeles) denominada ráster (Reuter et al., 2009).

2.3.2.4 Imágenes Satelitales RapidEye

RapidEye es una constelación formada por 5 satélites alemanes idénticos. Esto permite una fuente de información sin precedentes con amplia cobertura, intervalos de revisita frecuentes, alta resolución y capacidades multiespectrales. Esta capacidad de RapidEye permitirá aplicaciones muy avanzadas en campos como la agricultura en donde la fecha de la toma es un elemento importante para el análisis. Así mismo permitirá aprovechar las ventanas climáticas tan estrechas que tenemos en nuestra región tropical.(Manual-RapiEye, 2016).

Tabla Nro. 1: *Especificaciones Técnicas de las Bandas de Satélite RapidEye.*

Característica de la misión	Información	
Número de Satélites	5	
Vida estimada	Más de 7 años	
Altitud de Órbita	630 km heliosincrónica	
Hora de Cruce Ecuatorial	11:00 am. hora local (aproximadamente)	
Tipo de Sensor	Push Broom Multiespectral	
Bandas Espectrales	Nombre	Rango espectral(nm)
	Azul	440 – 510
	Verde	520 – 590
	Rojo	630 – 685
	Red-Edge	690 – 730
NIR	760 – 850	
Tamaño nominal del píxel (nadir)	6.5 m	
Tamaño de píxel (ortorrectificado)	5 m	
Ancho de barrido	77 km	
Capacidad de almacenamiento abordo	Hasta 1.500km ² de imágenes por orbita	
Período de revisita	1 día (off-nadir) / 5.5 días (en nadir)	
Capacidad de captura de imágenes	4 millones de km ² por día	
Rango dinámico de la cámara	12 bits	

Fuente: RapidEye™ Mosaic Product Specifications.

2.4 POTENCIALIDADES FISICO - AMBIENTALES

2.4.1 SUB MODELOS DE POTENCIAL

2.4.1.1 Modelos

Los modelos son abstracciones simplificadas de la realidad, que representan o describen sus más importantes elementos de conducción y sus interacciones. (Alzate, 2001).

2.4.1.2 Mapa base

Es una imagen sintética del territorio, cuyo objeto es la referenciación geográfica del contenido temático del mapa; es decir nos proporciona información espacial sobre la que referencia el contenido temático. (Quispe, 2002).



2.4.1.3 Mapa temático

Podemos definir los mapas temáticos como aquellos que muestran las características estructurales de la distribución espacial de un fenómeno geográfico particular. (Quispe, 2002).

2.4.1.4 Zonificación Agroecológica (ZAE)

(FAO., 1997), menciona que la división de un área geográfica en unidades más pequeñas con similares características en cuanto a la aptitud para ciertos cultivos, al potencial de producción y al impacto ambiental de su utilización.

2.4.1.5 Análisis Multicriterio

(Sánchez Campos, 2002) nos dice que el análisis multicriterio es utilizado en muchas áreas; en el análisis geográfico en particular para evaluar diversos criterios de solución a un determinado problema.(Moguel, 2005) Para lo cual se debe considerar que este análisis apoyara a la toma de decisiones en la elección de la solución más conveniente. (Mercado Herrera, 2017).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Etapa de Gabinete 1

3.1.1.1 Herramientas y Equipos

Entre los equipos y herramientas de gabinete tenemos:

- Computadora/laptop
- Carta Nacional IGN hoja catastral 33X y 33Y
- Imagen del Satélite Landsat7 ETM+, resolución espacial 15 metros, resolución espectral 5,4,3
- Software: Global Mapper 16, Arc GIS 10.x, Erdas Imagine 2014 y Google Earth Pro
- Imagen Alos PALSAR con resolución espacial de 12.5 metros.
- Imagen de satélite RapidEye con resolución espacial de 5 metros.

3.1.2 Etapa de Campo

Para ello se ha requerido de equipos y materiales indispensables para su mejor determinación.

- Mapa preliminar de la caracterización geológica.
- Mapa preliminar de la caracterización geomorfológica.
- Mapa de Accesos para vías.
- Base topográfica a 25m del área de estudio.
- Colores
- Libreta de Campo geológico.
- Chaleco y sombrero.
- Cámara fotográfica
- Martillo geológico (Pixa)

- Brújula azimutal.
- Lápiz de dureza.
- Bolsas de muestreo.
- GPS.
- Camioneta 4x4

3.1.3 Etapa de Laboratorio

Se requirió Utilizar los siguientes Instrumentos y materiales

- Microscopio marca EUROMEX con par de objetivo acromáticos



Figura Nro. 4: Modelo de microscopio EUROMEX acromático.

- Muestras preparadas para enviar a Laboratorio. Las muestras se han analizado en el Centro Tecnológico Minero - Cetemin S.A.C, Lima – Perú.

3.1.4 Etapa de Gabinete 2

Entre los equipos y herramientas para esta siguiente etapa de gabinete tenemos:

- Computadora/laptop
- Software: Global Mapper 16, Arc GIS 10.5, Erdas Imagine 2014 y QGIS.
- Imagen de satélite RapidEye con resolución espacial de 5 metros.
- Software GSPlus.
- Entorno de trabajo ArcPython

3.2 METODOLOGÍA EMPLEADA

3.2.1 Etapa de Gabinete 1

Conocida también como etapa descriptiva, en donde se empleó la recolección de información y/o datos que posteriormente corroboraremos en campo.

3.2.1.1 Teledetección y Sensores Remotos

Aplicación de las imágenes Satelitales RapidEye en Microzonificación.

El procesamiento de imágenes satelitales RapidEye nos permite considerar una mejor caracterización del mapeo de interés con base en la geología y geomorfología de la escala de investigación, esto contrasta fuertemente con estudios previos o precedentes que existen, esto se logra a través de la combinación de bandas siguientes:

Banda 3-2-1

Basado en el hecho de que las imágenes RapidEye no se utilizan necesariamente para la gestión de características geológicas, esta banda nos proporciona los colores naturales y nos apoya en la interpretación cartográfica base y digitalización.

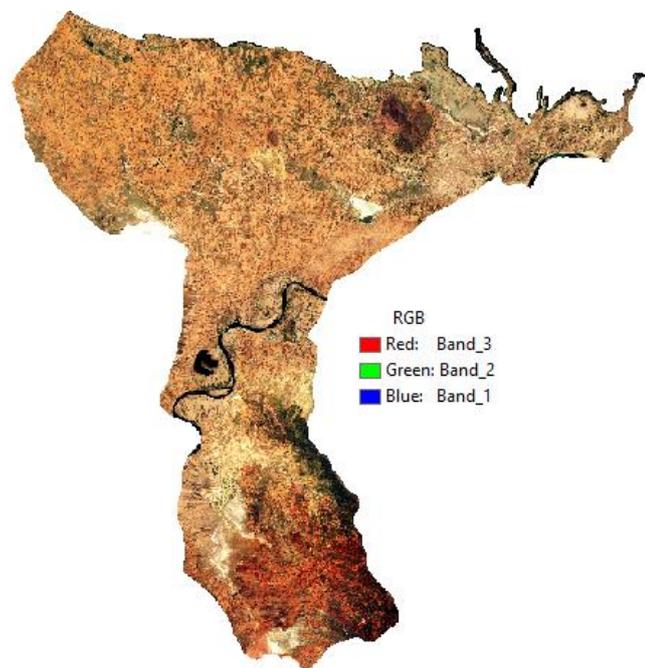


Figura Nro. 5 : *Combinación de banda RapidEye 3-2-1.*

Banda 5-3-1

La combinación de esta banda es para la identificación de unidades litológicas, entre las cuales, se aprecia las tonalidades verdes oscuras que representa litología sedimentaria y las tonalidades pardo oscura que corresponden a un tipo de litología volcánica, claramente las tonalidades pardo amarillento y rojizos, son representadas en su mayoría por la saturación de suelo o presencia de materia orgánica que enmarca a los depósitos aluviales, coluviales y bofedales.

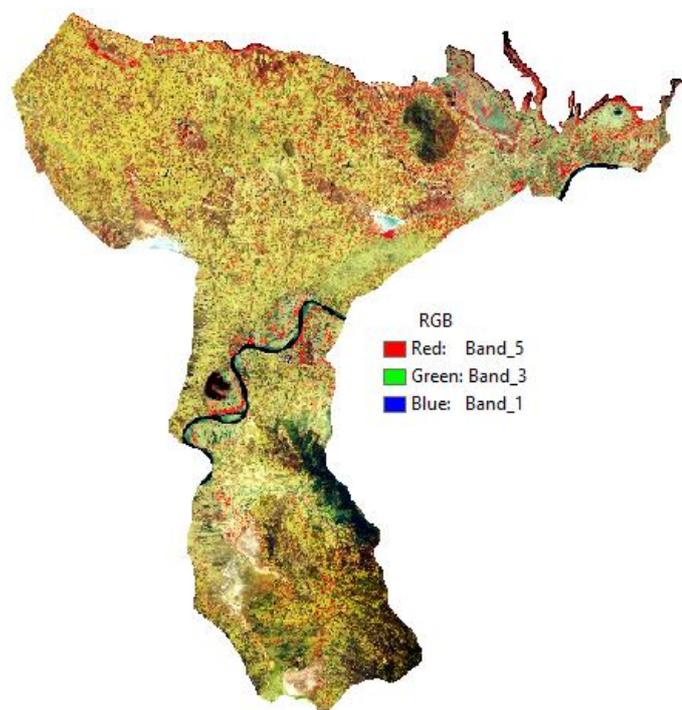


Figura Nro. 6: *Combinación de banda RapidEye 5-3-1*

Banda 1-3-5

Está enfocada para la determinación de zonas forestales y para lo geológico, esta banda ha dado muy buenos resultados para la identificación de depósitos fluviales o afloramientos rocosos con alto grado de fisibilidad. También para la ubicación de los depósitos de agregados (gravas y arenas).

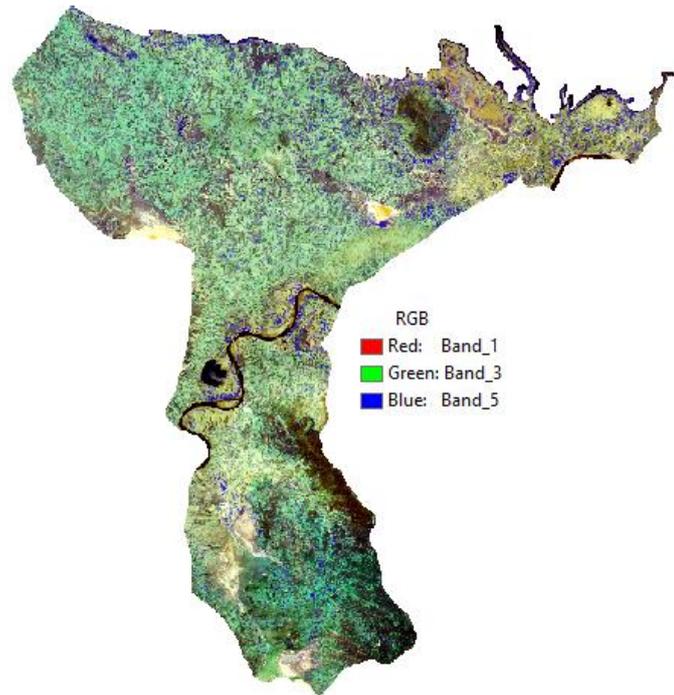


Figura Nro. 7: *Combinación de banda RapidEye 1-3-5*

Generación del modelo de elevación digital (DEM)

Los modelos digitales de elevación (DEM) que cubren todos los países del mundo, están disponibles para descargar en este sitio. Los SRTM de 30 m DEM tienen una resolución de 30 m en el ecuador y se proporcionan en mosaicos de 5 grados x 5 grados para facilitar su descarga y uso. Sin embargo, en base a que existe una nueva propuesta en la galería de Imágenes Satelitales a disposición de los usuarios, se tiene una gamma de imágenes satelitales llamadas Alos Palsar, las cuales son mejores en cuanto a resolución espacial, mostrados en la imagen siguiente:

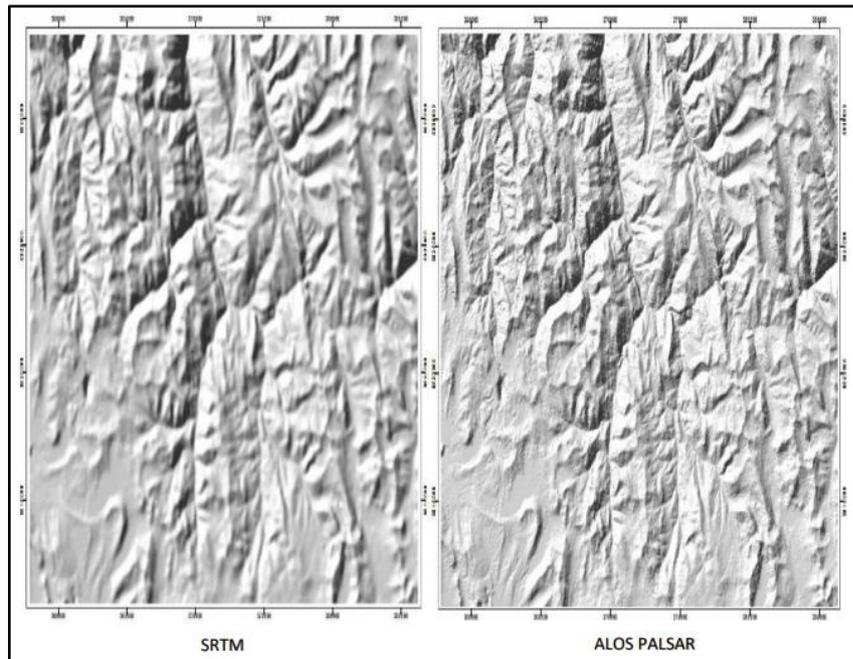


Figura Nro. 8: Resolución de las dos imágenes tomadas por los dos modelos digitales.

Por lo anterior se tomó las imágenes Alos Palsar como base para generar el modelo de Elevación Digital de la zona de estudio.

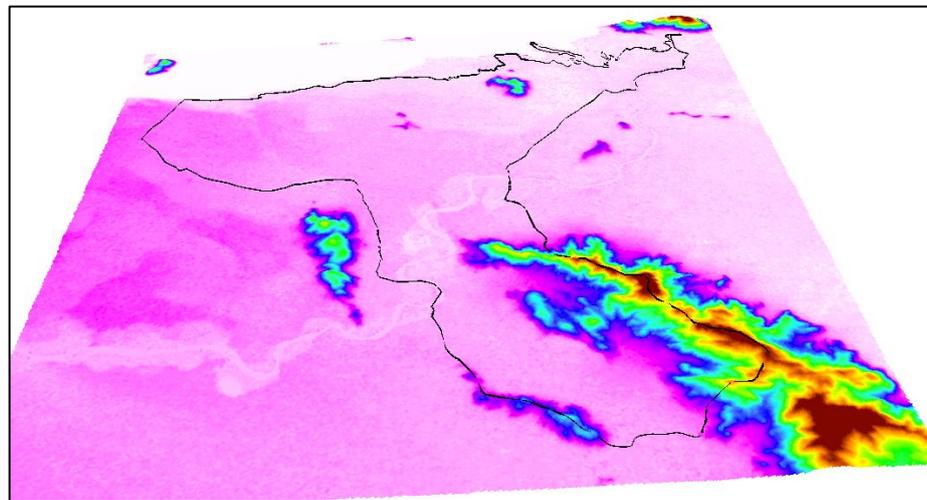


Figura Nro. 9: Modelo de Elevación Digital del distrito de Samán.

Construcción digital del mapa Geomorfológico

A partir de los modelos de elevación digital (DEM) y con un adecuado procesamiento; partimos desde ese punto para obtener una serie de mapas generados a través de las herramientas de ArcToolbox, para la generación del mapa geomorfológico

y para luego realizar su respectiva supervisión en campo para una mejor identificación y corrección de morfologías en el área de estudios.

Paso 1.- Se obtiene o descarga las imágenes Alos-Palsar, donde tenemos información topográfica con una resolución espacial de 12,5 m.

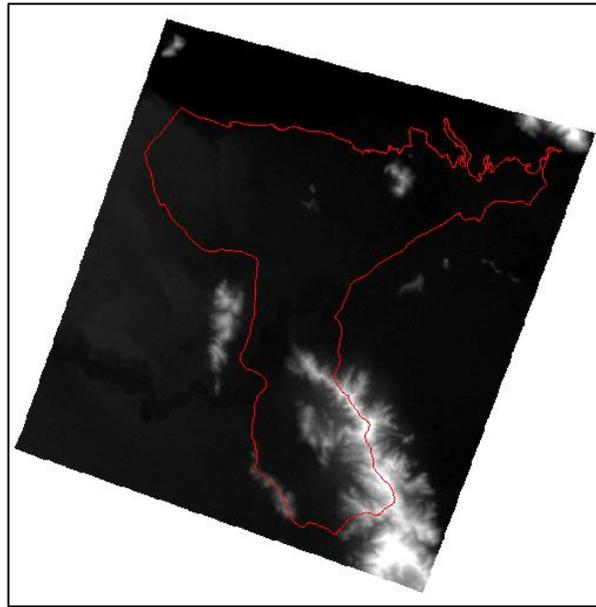


Figura Nro. 10: *Imagen Satelital Alos Palsar Recortada.*

Paso 2.- Se procede a generar curvas de nivel que posteriormente nos proporciona un modelo TIN que son medios digitales para representar la morfología de la superficie.

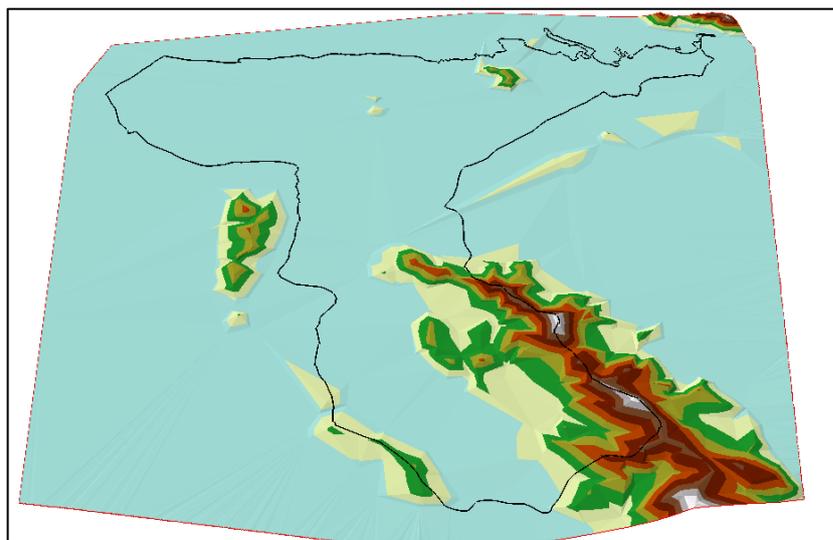


Figura Nro. 11: *Clasificación morfológica de Altitudes.*

Paso 3.- Luego se genera el mapa de pendientes y a partir de allí clasificamos morfológicamente las unidades.

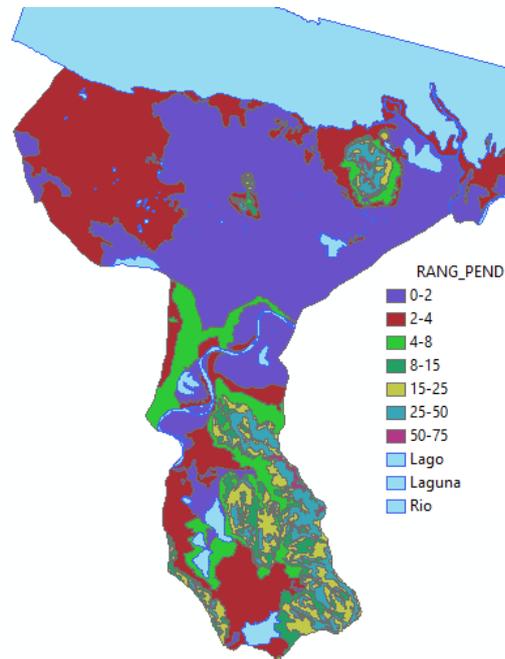


Figura Nro. 12: Mapa de pendientes.

La clasificación de las pendientes se realizó en ocho rangos, tomando como referencia la Guía de Clasificación de los Parámetros, del Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, aprobado por D.S. N° 017-2009/AG.

Tabla Nro. 2: Rango de Pendientes.

RANGO (%)	DESCRIPCION
0-2	Plano a ligeramente inclinado
2-4	Ligeramente inclinado
4-8	Moderadamente inclinado
8-15	Fuertemente inclinado
15-25	Moderadamente empinado
25-50	Empinado
50-75	Fuertemente empinado
>75	Extremadamente empinado

Fuente: MINAGRI.

3.2.2 Etapa de Campo

En esta etapa, llamada también empírica consiste en la recolección de información in-situ o información de campo en donde se realizó la toma de datos a una escala de 1:25000, recolección de muestras (muestreo aleatorio simple, calicatas), mapeo geológico (mapeo litológico y geomorfológico), etc. Etapa en la cual también corroboraremos la información obtenida en gabinete.

3.2.2.1 Reconocimiento, análisis y corroboración de contactos litológicos, unidades geomorfológicas

Geología y Geomorfología

Se realizó la visita técnica a campo con una organización previa en gabinete, determinando puntos estratégicos de muestreo y mapeo litológico.



Figura Nro. 13: Trabajo de campo, corroboración de información.

3.2.2.2 Ejecución de calicatas.

Esta etapa se llevó en dos fases definidas:

Fase 1.- Se realizó un reconocimiento general del área de estudio y la distribución espacial de las calicatas representativas.



Fase 2.- Se realizó el mapeo sistemático de campo, consistente en el examen y evaluación minuciosa de los suelos mediante la apertura de las calicatas, según el DS Nro 013-2010-AG. Reglamento para la ejecución de levantamiento de suelos (Agricultura, 2010).

Muestras de suelos

Porción de suelo de aproximadamente 1.0 Kg de peso obtenida de cada horizonte del perfil, debidamente identificada con el nombre del proyecto o estudio, nomenclatura y profundidad del horizonte y fecha del muestreo, para su posterior envío y análisis en laboratorio. Es obtenida manualmente de cada estrato u horizonte de la calicata o perfil del suelo.

Observaciones de suelos

Consiste en la descripción, identificación y evaluación de las características de los horizontes de suelos determinados en calicatas, barrenajes y/o en cortes naturales del terreno. Las observaciones de suelos son:

1. **Calicatas.** -Son excavaciones en el terreno, de aproximadamente 1.50m de largo, 0.80m de ancho y 1.50 a 2.00m de profundidad, aproximadamente. Esta profundidad puede variar debido a la presencia de factores limitantes tales como capas endurecidas, elevada gravosidad o pedregosidad dentro del perfil, afloramientos rocosos, napa freática cerca de la superficie, etc.
2. **Chequeos detallados.** -Excavaciones en el terreno, formando un hoyo de aproximadamente 50 cm. de lado y de aproximadamente 50 cm de profundidad, seguida de barrenaje para identificar las partes más profundas del perfil. Se utiliza para comprobar y/o reconocer las unidades taxonómicas ya establecidas.
3. **Chequeos de identificación.** -Son barrenajes u observaciones en cortes naturales o de carreteras, que permiten comprobar las unidades taxonómicas establecidas.

3.2.3 Etapa de Laboratorio

Etapa explicativa en la que se detalló los procedimientos empleados en laboratorio y la preparación de muestras para ello.

3.2.3.1 Análisis Microscópico

Para la etapa de laboratorio, se realizó el análisis y descripción de 7 muestras de roca de las unidades litológicas que se encontraron en la zona de estudios.

3.2.3.2 Análisis multielemental de roca mediante el método ICP

Se ha realizado análisis de 6 muestras de roca mediante ICP multielemental, esto con la finalidad de identificar posibles anomalías geoquímicas e indicios de presencia de algún target potencial, dicha información servirá para realizar el mapa geoquímico que aportara a la generación del potencial minero metálico; Las muestras se han analizado en el Centro Tecnológico Minero - Cetemin S.A.C, Lima – Perú.

Tabla Nro. 3: Descripción de muestras enviadas al laboratorio.

Punto	Este	Norte	Código de campo	Descripción
1	390010	8309500	MGS-1	Muestra de sedimento fluvial
2	390882	8315389	MGS-2	Muestra de Roca Ígnea Intrusiva - Diorita
3	390943	8316312	MGS-3	Muestra de Roca volcánica - Traquita
4	396293	8318219	MGS-4	Muestra de Roca volcánica - Andesita basáltica
5	389871	8304221	MGS-5	Muestra de Roca Sedimentaria - Caliza
6	389615	8304234	MGS-6	Muestra de sedimento fluvial

3.2.3.3 Análisis de caracterización de suelos

Consistió en el procesamiento y análisis de las muestras de suelos para lo cual fueron enviadas 39 muestras al laboratorio Universidad Agraria la Molina y Laboratorio INIA-Salcedo, donde se realizaron los análisis correspondientes.



Tabla Nro. 4: Descripción de calicatas.

Nro	X	Y	CALICATA	LABORATORIO
1	401750	8317508	C - 01	Trabajos de campo ZEE-OT, Laboratorio Universidad Agraria la Molina
2	399523	8315451	C - 02	
3	395588	8315884	C - 03	
4	395101	8316787	C - 04	
5	395234	8317788	C - 05	
6	385998	8319263	C - 06	
7	386603	8320043	C - 07	
8	389452	8316099	C - 08	
9	390632	8316795	C - 09	
10	390805	8313752	C - 10	
11	390668	8311076	C - 11	
12	388555	8309046	C - 12	
13	391568	8308838	C - 13	
14	388845	8306732	C - 14	
15	387589	8302138	C - 15	
16	388253	8300574	C - 16	
17	389838	8297502	C - 17	
18	392198	8301136	C - 18	
19	391929	8301922	C - 19	
20	393825	8299534	C - 20	
21	392291	8303351	C - 21	
22	392236	8303615	C - 22	
23	391590	8304308	C - 23	
24	390845	8306147	C - 24	
25	388411	8303710	SAM-4	Proyecto de Tesis UNA-Puno, Laboratorio INIA-Salcedo
26	390367	8303566	SAM-3	
27	389701	8302760	SAM-20	
28	390711	8299707	SAM-2	
29	392693	8299005	SAM-21	
30	388660	8299895	SAM-8	
31	386537	8315519	SAM-12	
32	383891	8319219	SAM-11	
33	388623	8319255	SAM-13	
34	390748	8316145	SAM-10	
35	397664	8314899	SAM-21	
36	400270	8316047	SAM-23	
37	390281	8307457	SAM-8	
38	390544	8306745	SAM-18	
39	388847	8307690	SAM-5	

Métodos Seguidos:

1. Textura: %de arena, limo y arcilla: método del hidrógeno
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE)del extracto acuoso en la relación suelo-agua 1:1 ó en el extracto de pasta de saturación(es).



3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2:5.
4. Calcáreo total (CaCO): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
6. Nitrógeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con $\text{NaHCO}_3=0.05\text{M}$, pH 8,5.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$) N, pH 7,0.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$) N, pH 7,0
10. Ca^{+2} , Mg^{+2} Na^+ , K^+ cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$) N, pH 7,0 cuantil fotometría de llama y/o absorción atómica Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} EDTA.
11. Al^{+3} h: método de Yuan. Extracción con KCl, N.
12. Iones solubles: Ca^{+2} , Mg^{+2} EDTA; Na, K fotometría de llama y/o absorción atómica; Cl, CO_3 , HCO, NO, volumetría y colorimetría, SO_4 Turbidimetría con cloruro de bario.
13. Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
14. Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

3.2.4 Etapa de Gabinete 2

Etapa final analítica donde se usará la información obtenida en los anteriores procesos y se elabora un mapa de potencialidad que refleja la unión y representación final del trabajo.

3.2.4.1 Geología y geomorfología

Geología

Fase 1.- Analizando las etapas anteriores verificamos la información que disponemos y es la siguiente:

- Geología Regional
- Información de Imágenes Satelitales RapidEye
- Mapeo de campo
- Análisis microscópico de rocas

Fase 2.- Luego hacemos las respectivas correcciones donde modificamos el nombre, estructura, área y delimitación de los Shapefiles.

Tabla Nro. 5: Cuadro comparativo, geología.



ANTES. - Imagen sin actualizar y/o anterior a su actualización



DESPUES. - En este cuadro comparativo damos a entender las zonas donde se re-mapearon nuevas áreas.

Fase 3.- Finalmente tenemos el mapa denominado Litología que presenta el siguiente diagrama de flujo constructivo

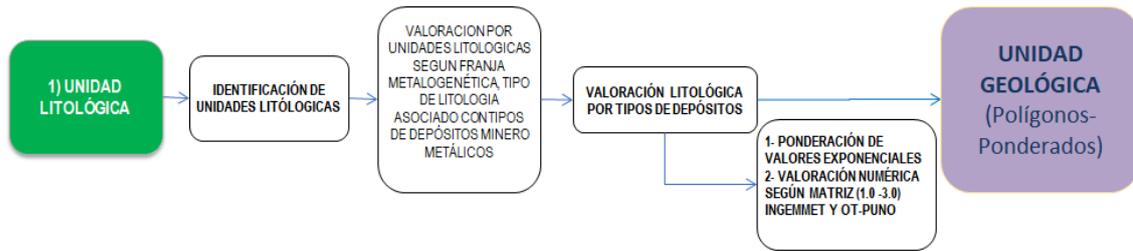


Figura Nro. 14: Flujo de la variable litológica.

Geomorfología

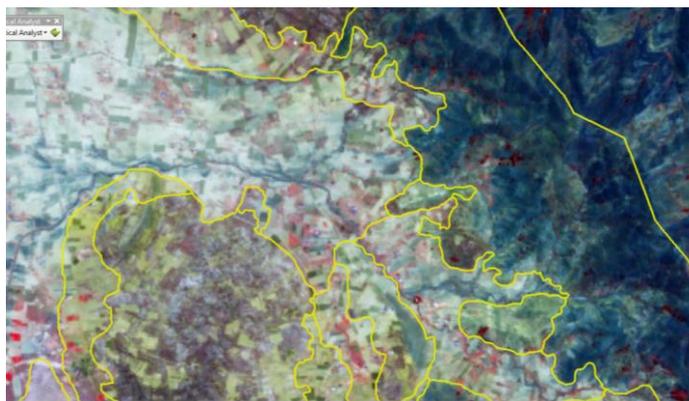
Fase 1.- Analizando las etapas anteriores verificamos la información que disponemos y es la siguiente:

- Mapa de Pendientes
- Información de Imágenes Satelitales RapidEye
- Mapeo de campo

Fase 2.- En base a lo obtenido, según a las características de los procesos morfodinámicos adaptamos y procesamos la información.

Fase 3.- Obtenido el nuevo mapa geomorfológico, hacemos un contraste y corrección con la data obtenida en campo:

Tabla Nro. 6: Cuadro comparativo, Geomorfología.



ANTES. - Imagen sin actualizar y/o anterior a su actualización



DESPUES. - En este cuadro comparativo damos a entender las zonas donde se re-mapearon nuevas áreas de valles coluviales por valles aluviales.

Fase 4.- Finalmente obtendremos el mapa denominado Geomorfología que presenta el siguiente diagrama de flujo constructivo.



Figura Nro. 15: Flujo de la variable Geomorfológica.

3.2.4.2 Información Temática y/o Insumos Ocurrencias Minero Metálicas y No Metálicas

Fase 1.- Analizando las etapas anteriores de recolección de datos verificamos la información que disponemos y es la siguiente:

- Mapeo de campo

Fase 2.- Después se analiza algún tipo de estructura, veta o indicador de mineralización, que posteriormente se consideraría como target.

Fase 3.- Se aplica una herramienta GIS denominada buffer y finalmente obtendremos el mapa denominado Ocurrencias mineras y depósitos que presenta el siguiente diagrama de flujo constructivo.

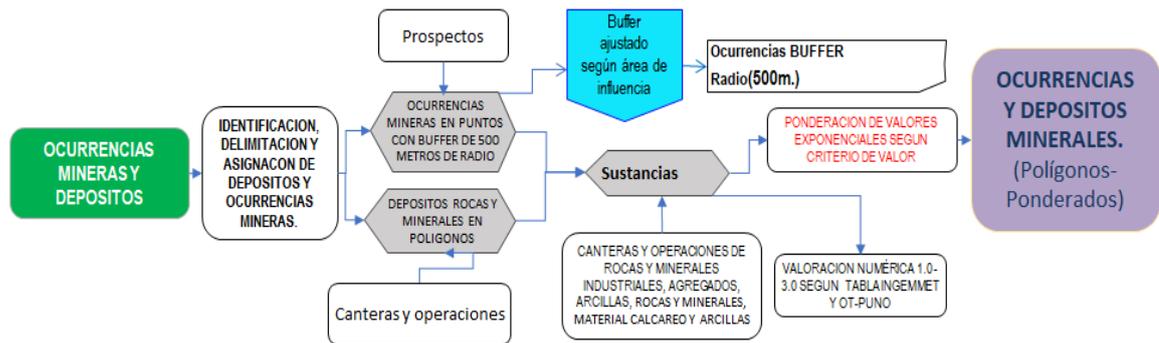


Figura Nro. 16: Flujo de la variable Ocurrencias Minero Metálicas y no Metálicas.

Geoquímica para potencial minero metálico

Fase 1.- Analizando las etapas anteriores de recolección de datos verificamos la información que disponemos y es la siguiente:

- Resultados de muestras sometidas a Análisis multielemental ICP

Fase 2.- Se realiza un tratamiento geoestadístico por el que se elige algunos elementos Pathfinders, que posteriormente someteremos a una interpolación Kriging.

Fase 3.- Finalmente obtendremos el mapa denominado Geoquímica que presenta el siguiente diagrama de flujo constructivo.

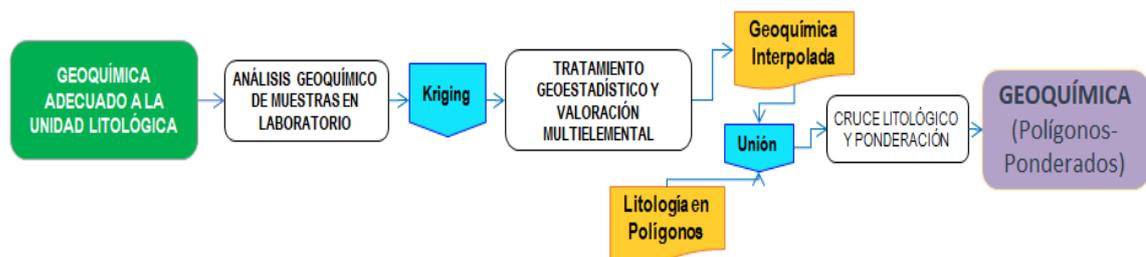


Figura Nro. 17: Flujo de la variable Geoquímica 1.

Concesiones minero no metálicas

Fase 1.- Se identifica áreas, las cuales están concesionadas, luego con herramientas SIG se procesa y delimita el área de intervención.

Fase 2.- Se hace un ajuste con importancia litológica y posteriormente ponderación poligonal.

Fase 3.- Finalmente obtendremos el mapa denominado Concesiones Mineras que presenta el siguiente diagrama de flujo constructivo.

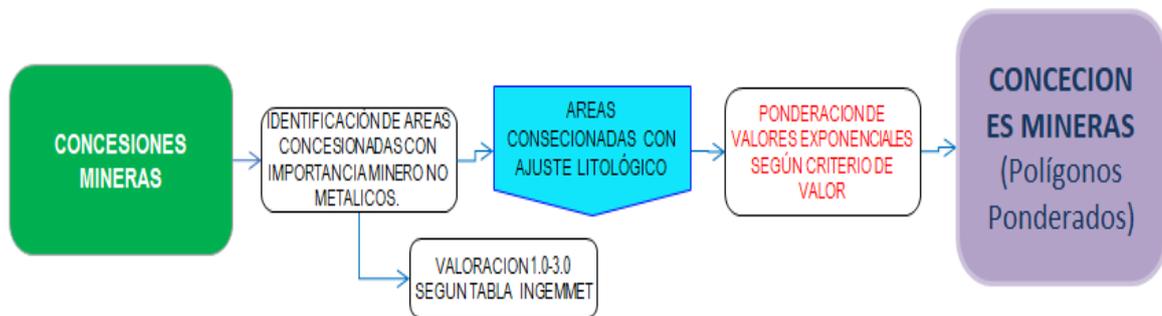


Figura Nro. 18: Flujo de la variable Concesiones Mineras.

Geoquímica para potencial agrícola

Fase 1.- Analizando las etapas anteriores de recolección de datos verificamos la información que disponemos y es la siguiente:

- Resultados de muestras de suelos (caracterización de suelos).

Fase 2.- Seguidamente por la cantidad de datos obtenidos se hace el siguiente tratamiento.

- Análisis de la estructura de aleatoriedad.
- Análisis de variabilidad Espacial.
- Identificación de elementos guía o Pathfinders de fertilidad.
- Interpolación Geoquímica: Usando el programa geoestadístico GS plus.
 - Semivariograma empírico ajustado a un semivariograma teórico.
 - Uso de Semivariogramas para validar el modelo de interpolación.
- Elaboración de un sub-modelo geoquímico uniendo los elementos que se eligieron (debidamente ponderados según la proporcionalidad).

Fase 3.- Finalmente obtendremos el mapa denominado Geoquímica que presenta el siguiente diagrama de flujo constructivo.

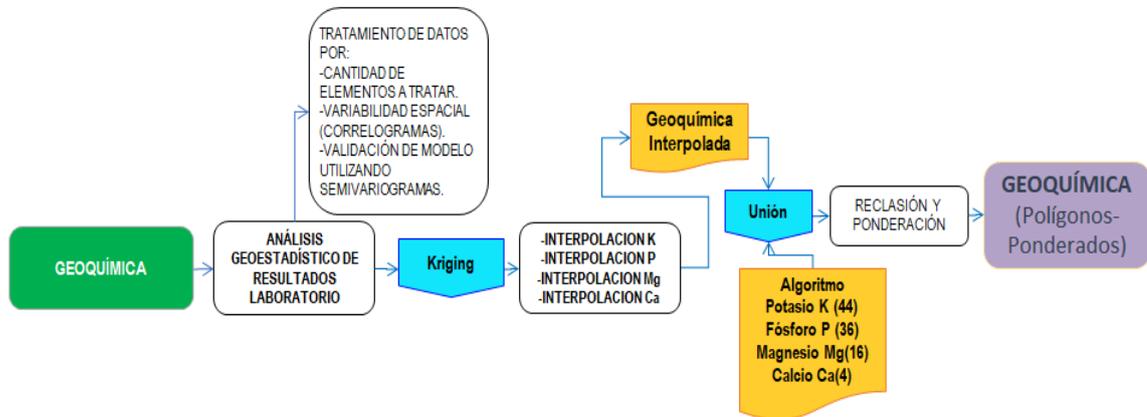


Figura Nro. 19: Flujo de la variable Geoquímica 2.

Suelos

Fase 1.- Analizando las etapas anteriores verificamos la información que disponemos y es la siguiente:

- Mapa geomorfológico.
- Resultados de muestras de suelos (caracterización de suelos).
- Mapeo de campo (Levantamiento de Suelos).

Fase 2.- En base a lo anterior se clasifica según la taxonomía de suelos según el Sistema del Soil Taxonomy (2014) que establece seis categorías que son:

- Orden
- Sub orden
- Gran grupo
- Sub grupo
- Familia
- Serie

Fase 3.- Todo ello se hace en base a una descripción: física, interna, externa y el análisis de caracterización. Finalmente obtendremos el mapa denominado Suelos que presenta el siguiente diagrama de flujo constructivo.

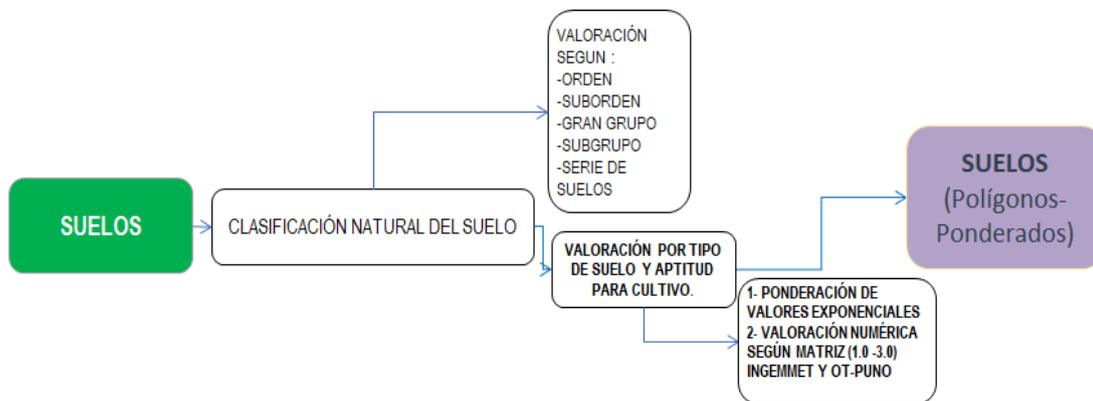


Figura Nro. 20: Flujo de la variable Suelos.

Capacidad de Uso Mayor

Fase 1.- Analizando las etapas anteriores verificamos la información que disponemos y es la siguiente:

- Mapa de Suelos.
- Mapa Geomorfológico

Fase 2.- Es un proceso de interpretación sistemática de suelo, geomorfología, clima, vegetación y otros aspectos, el cual permite ordenar y agrupar en clases a la tierra, según su aptitud o capacidad, de acuerdo al grado de limitaciones que la misma presenta, permitiendo de esta manera definir su uso potencial (CLIRSEN et al., 1990: 37).

Fase 3.- Agrupamos de la siguiente forma:

- Grupo
- Clase
- Sub clase

Fase 4: - Finalmente obtendremos sub productos o mapas base con los que elaboramos un sub-modelo de potencial denominado CUM (capacidad de uso mayor) que presenta el siguiente diagrama de flujo constructivo.

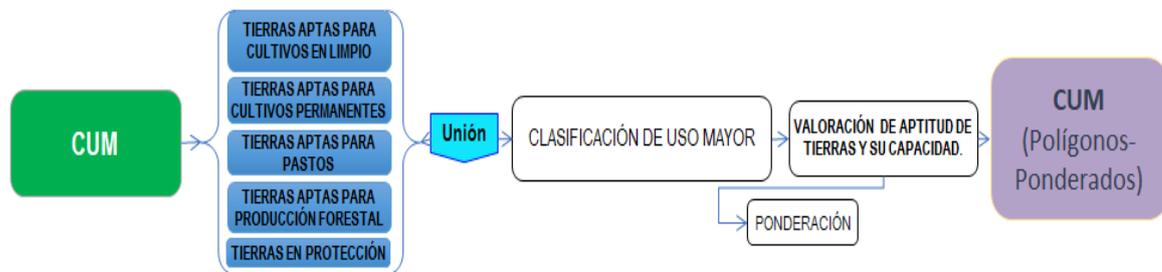


Figura Nro. 21: Flujo de la variable CUM.

3.2.4.3 Potencialidades físicas Ambientales

Potencial Minero y Agrícola

Para identificar el modelo, se debe pensar que los objetivos bajo el contexto de la zona del distrito deben tener las mismas características, pero que difieran y guarden ciertas relaciones espaciales y que además deben conservarse.

Fase 1.- Analizando las etapas anteriores verificamos la información que disponemos y es la siguiente:

- Mapa Litológico
- Mapa de Ocurrencias minero metálicas y no metálicas
- Mapa de Concesiones minero no metálicas
- Mapa Geoquímico para potencial minero metálico
- Mapa Geoquímico para potencial agrícola
- Mapa de Suelos
- Mapa de CUM

Fase 2.- Con la información Temática anterior se trabaja de acuerdo al siguiente esquema:



Figura Nro. 22: *Proceso metodológico para el desarrollo del sub modelo.*

Fase 3.- Luego se pondera cada Mapa obtenido bajo criterio profesional, de acuerdo a siguiente matriz de valoración de variables que se dividen en cinco categorías de valoración, con sus respectivos puntajes: muy alto (3.0 a 2.7), alto (2.6 a 2.3), medio (2.2 a 1.8) y bajo (1.7 a 1.4) Muy Bajo (1.3 a 1.0) que se aplicaron en la valoración de cada atributo.

Tabla Nro. 7: *Criterios de valoración de las variables.*

Niveles de Aptitud Urbana e Industrial	Puntaje para la matriz de evaluación		
Muy Alto	↑	3.0	↓
		2.9	
		2.8	
		2.7	
Alto		2.6	
		2.5	
		2.4	
		2.3	
Medio		2.2	
		2.1	
		2.0	
		1.9	
Bajo	1.8		
	1.7		
	1.6		
	1.5		
Muy Bajo o Nulo	1.4		
	1.3		
	1.2		

Niveles de Aptitud Urbana e Industrial	Puntaje para la matriz de evaluación	
	1.1	
	1.0	

Tabla Nro. 8: Ponderación según color RGB.

GRADO O NIVEL	PONDERACIÓN	RGB
MUY ALTO	3	255-0-0
	2.9	
	2.8	
	2.7	
ALTO	2.6	255-170-0
	2.5	
	2.4	
	2.3	
MEDIO	2.2	255-255-0
	2.1	
	2	
	1.9	
BAJO	1.8	76-230-0
	1.7	
	1.6	
	1.5	
MUY BAJO A NULO	1.4	35-107-44
	1.3	
	1.2	
	1.1	
	1	

Fuente: Micro ZEE Puno en base a INGEMMET

Tabla Nro. 9: Cuadro de matriz de niveles numéricos por colores RGB.

ESCALA DE NIVEL DE LA MATRIZ DE PONDERACIÓN	COLORES (RGB) DE NIVEL
<i>Muy alto</i>	
<i>Alto</i>	
<i>Medio</i>	
<i>Bajo</i>	
<i>Muy Bajo</i>	

Fuente: Micro ZEE Puno en base a INGEMMET

Fase 4.- Luego de ponderar se procede a hacer un cálculo numérico-estadístico (matriz de ponderación SAATY) de los pesos para cada variable.

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa

la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9.

Tabla Nro. 10. *Explicación desarrollada de la matriz pareada SAATY.*

ESC. NUM.	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente o menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna). La diagonal de la matriz siempre será la unidad por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).



Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

Fase 5.- Con el uso de Herramientas avanzadas ArcToolbox de ArcGIS, usando Model Builder pasamos a modelar el sub-modelo de potencial que se desea

Fase 6.- Finalmente en el proceso de construcción del sub-modelo de potencial se modifica de acuerdo al criterio del profesional, teniendo en cuenta que el primer resultado no será el que finalmente quede como determinado.



CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 UBICACIÓN

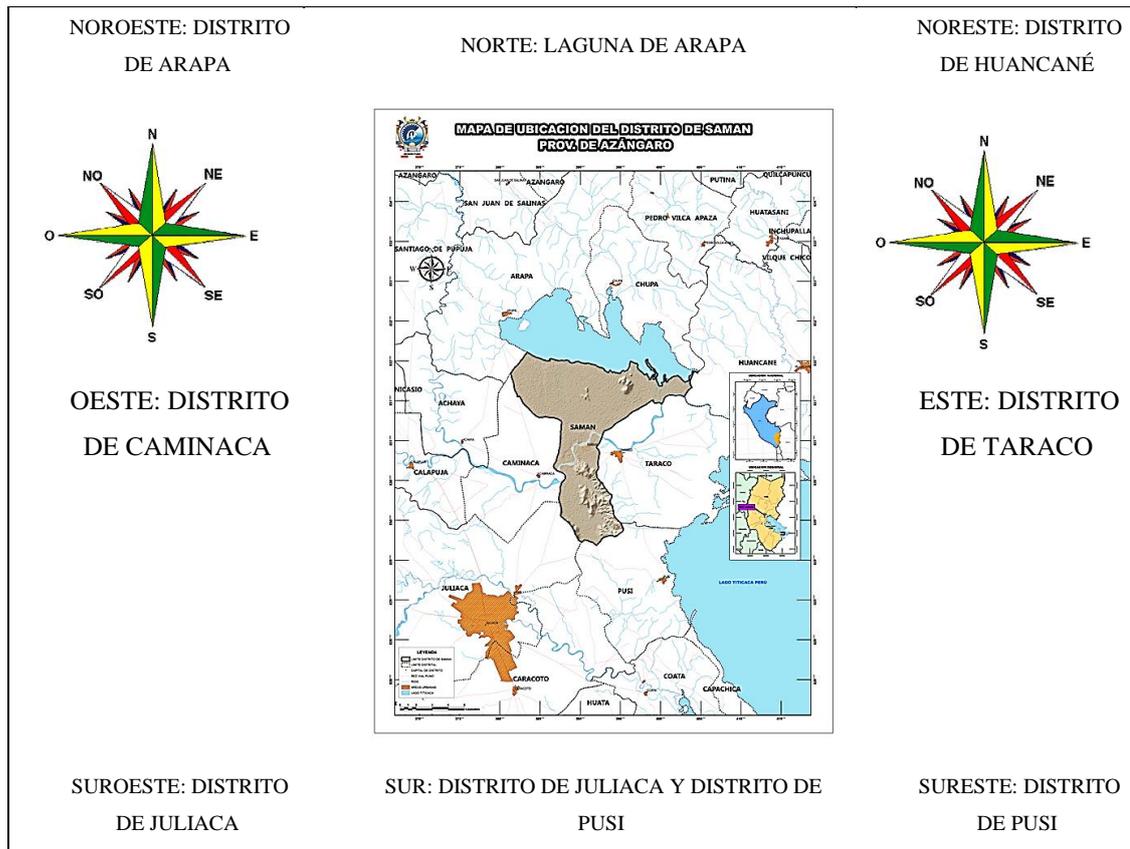
El Distrito de Samán es uno de los 15 distritos de la Provincia de Azángaro, perteneciente a la Región Puno, Perú. Su capital es el poblado de Samán (con coordenadas N: 8309140, E: 390801). Constituida geográficamente por: 04 centros poblados (Muni Grande, Jasana Grande, Chucaripo y Quejón Mocco); además cuenta con 09 Comunidades campesinas (Alto Furuncha, Cariguita, Chacamarca Primer sector, Chacamarca segundo, Sector Collincha quincharapi, Iccallo, Isilloa, Jasana chico, Muni Chico) y 08 Parcialidades.

4.2 SUPERFICIE

Tiene una Extensión superficial aproximada de 205.71 Km² que constituye el 4.04 % de la superficie total de la Provincia de Azángaro. (Fuente: ZEE Región Puno. 2014), (ver mapa Anexos).

4.3 LÍMITES POLÍTICOS

Figura Nro. 23. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Micro ZEE Puno.

4.4 ACCESIBILIDAD

El acceso al área de estudio se da por la vía Puno Juliaca, la misma que está a una distancia de 45 Km, con un tiempo aproximado de 45 min, el tipo de vía es asfaltada.

Posteriormente se llega al ámbito de estudio mediante la vía Juliaca-Samán con una distancia aproximada de 30 km y un tiempo de 30 min.

Tabla Nro. 11. Acceso al área de Estudio

N°	Tramo	Distancia(Km)	Tiempo (min)	Tipo de vía
1	Puno-Juliaca	45	45	Asfaltada
2	Juliaca-Samán	30	30	Afirmada



4.5 CLIMATOLOGÍA

4.5.1 Red de estaciones meteorológicas

Según la recopilación de información aledaña al distrito de Samán, se tomó como referencia 04 estaciones meteorológicas como son: Arapa, Juliaca, Huancane, Taraco. Todas las estaciones son pertenecientes al SENAMHI.

Tabla Nro. 12. *Red de estaciones meteorológicas*

Estaciones meteorológicas	Tipo	Cuenca	Distrito	Provincia	Código	Latitud	Longitud
Estación Arapa	CO	Titicaca	Arapa	Azángaro	110783	15.14	70.12
Estación Juliaca	CO	Coata	San Román	Juliaca	115060	15.44	70.21
Estación Huancané	CO	Huancané	Huancané	Huancané	115037	15.20	69.75
Estación Taraco	CO	Ramis	Huancané	Taraco	110816	15.17	69.97

4.5.2 Clasificación climática

Considerando los criterios y clasificaciones de varios autores

4.5.2.1 Índice de Lang

Según la clasificación por el Índice de Lang correspondiente a las estaciones de Arapa, Huancané, Juliaca, y Taraco se considera un tipo de Clima Húmedas de bosques claros

Tabla Nro. 13. *Clasificación Climática según Índice de Lang.*

<i>Estaciones Meteorológicas</i>	<i>Altitud</i>	<i>Precipitación anual mm</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Índice de Lang</i>	<i>Clasificación por Lang</i>
Estación Arapa	3830	695.68	9.09	76.53	húmedas de bosques claros
Estación Huancané	3980	670.14	7.73	86.74	húmedas de bosques claros
Estación Juliaca	3861	609.94	8.42	72.40	húmedas de bosques claros
Estación Taraco	3820	583.78	7.80	74.85	húmedas de bosques claros

4.5.2.2 Índice de Martonne

Según la clasificación por el Índice de Martonne correspondiente a las estaciones de Arapa, Huancané, Juliaca, y Taraco se considera un tipo de Clima: Regiones subhúmedas de prados y bosques. Según se detalla en la tabla siguiente.

Tabla Nro. 14. *Clasificación Climática según Índice de Martonne.*

Estaciones Meteorológicas	Precip anual mm	Temperatura (°C)	Índice de Marttone	Clasificación por Marttone
Estación Arapa	695.68	9.09	36.44	Regiones subhúmedas de prados y bosques
Estación Huancané	670.14	7.73	37.81	Regiones subhúmedas de prados y bosques
Estación Juliaca	609.94	8.42	33.11	Regiones subhúmedas de prados y bosques
Estación Taraco	583.78	7.80	32.80	Regiones subhúmedas de prados y bosques

4.5.2.3 Criterio UNESCO – FAO

Según el criterio de UNESCO- FAO correspondiente a las estaciones de Arapa, Huancané, Juliaca, y Taraco se considera un tipo de Clima: Clima Templado Medio

Tabla Nro. 15. *Tipos de Clima según el criterio UNESCO-FAO*

<i>Estaciones Meteorológicas</i>	<i>Altitud</i>	<i>Precip anual mm</i>	<i>Temp. °C</i>	<i>Temp. Mínima mes</i>	<i>Clasificación Por Unesco-FAO</i>
Estación Arapa	3830	695.68	9.09	6.50	Clima templado medio
Estación Huancané	3980	670.14	7.73	4.56	Clima templado medio
Estación Juliaca	3861	609.94	8.42	4.56	Clima templado medio
Estación Taraco	3820	583.78	7.80	3.72	Clima templado medio

Fuente: Senamhi

4.5.3 Régimen de la precipitación estacional

Las características estacionales del clima en la región se manifiestan principalmente en la variación del régimen de las precipitaciones. Se sabe que los cultivos no solo son afectados por la poca precipitación anual, sino también por su irregular distribución a lo largo de todo el año.

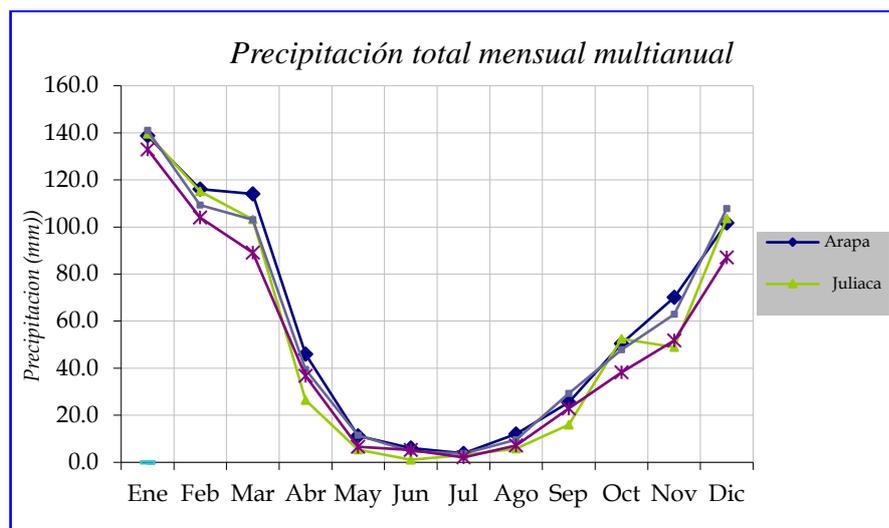


Figura Nro. 24. *Precipitación total mensual multianual*

Tabla Nro. 16. *Registro de precipitación total mensual multianual*

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Arapa	138.7	116.1	114.1	45.9	11.3	6	3.8	12	25.5	50.4	70.1	101.7	693.5
Juliaca	138	106.9	88.5	39.9	8.5	4.5	2	14.4	20.4	42.2	55.9	88.6	607.7
Huancané	141	109.3	103	39.4	11.5	4.8	3.7	9.6	29.2	47.9	62.9	107.8	670.1
Taraco	133	103.9	89.2	36.8	6.6	5.2	2.1	7.2	22.8	38.3	51.7	87.1	583.8

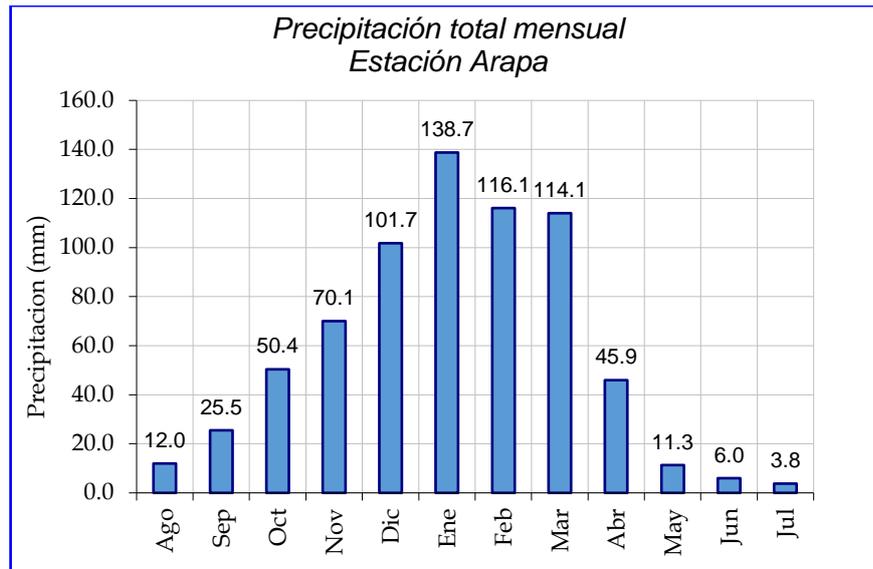


Figura Nro. 25. Histograma de precipitación Arapa.

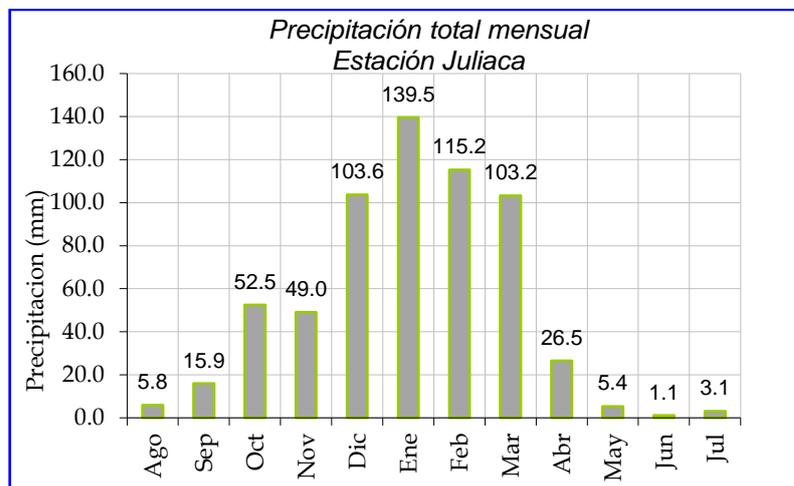


Figura Nro. 26. Histograma de precipitación Juliaca.

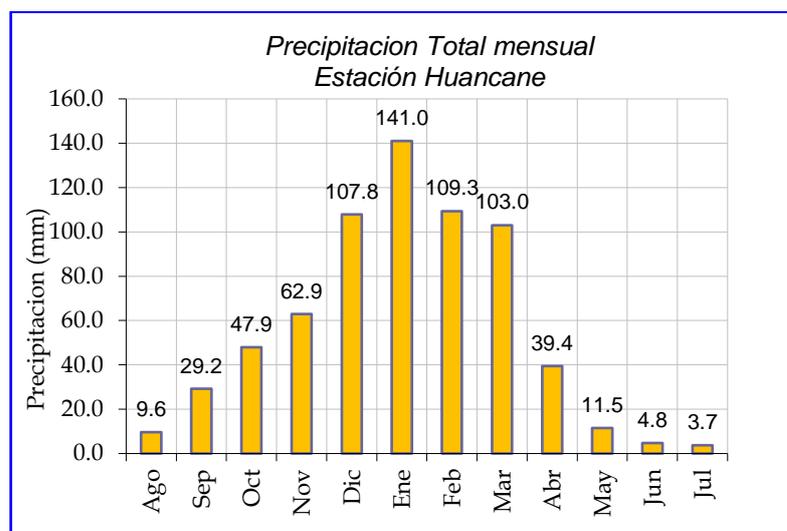


Figura Nro. 27. Histograma de precipitación Huancané.

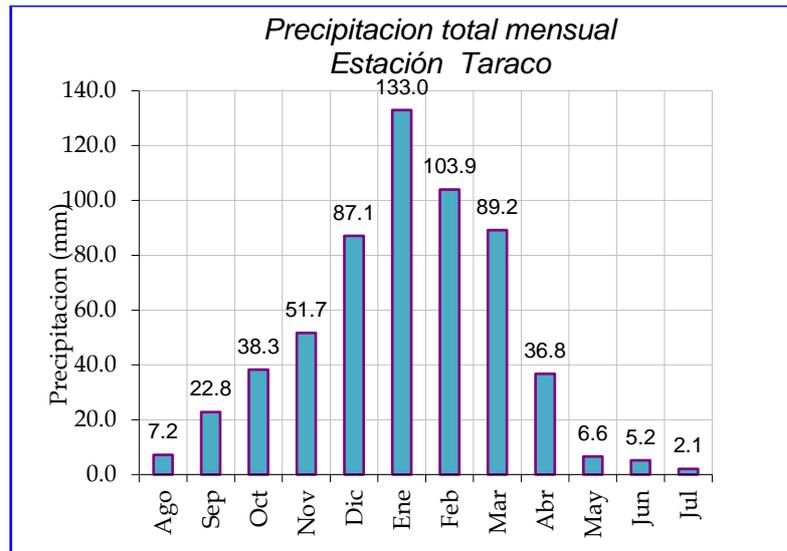


Figura Nro. 28. Histograma de precipitación Taraco.

4.5.4 Análisis de la precipitación máxima total multianual.

La precipitación máxima anual es de 893-1286 mm para el distrito de Samán, los valores de precipitación máxima fueron tomados de los años de registro 1964-2018.

Tabla Nro. 17. Registro de Precipitación máxima total multianual.

Variables Meteorológicas	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud	Precipitación
Estaciones meteorológicas				m.s.n.m	Máxima
Estación Arapa	CO	15.14	70.12	3830.00	1265.90
Estación Juliaca-	CO	15.44	70.21	3861.00	801.00
Estación Huancané	CO	15.20	69.75	3890.00	1026.00
Estación Taraco	CO	15.17	69.97	3820.00	1303.70

4.5.5 Análisis de la precipitación mínima total multianual.

La precipitación mínima total multianual es de 362-452 mm para el distrito de Samán. Los valores de precipitación mínima fueron tomados de los años de registro 1964-2018.

Tabla Nro. 18. Registro de precipitación mínima total multianual.

Variables Meteorológicas	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud	Precipitación
Estaciones meteorológicas				m.s.n.m	Mínima
Estación Arapa	CO	15.14	70.12	3830.00	435.00
Estación Juliaca-	CO	15.44	70.21	3861.00	442.00
Estación Huancané	CO	15.20	69.75	3890.00	424.60
Estación Taraco	CO	15.17	69.97	3820.00	355.50

4.5.6 Régimen de la temperatura mensual

Debido a las diferencias de altitud, exposición a los vientos y al sol e influencia del Lago Arapa, existen algunas variaciones en la distribución de la temperatura media del aire en el distrito, En toda la región las temperaturas medias más bajas se producen en el mes de Julio, mientras que las más elevadas se registran de noviembre a marzo, por lo general centradas en enero.

Como se puede apreciar en el mapa regionalizado de temperatura media anual, los rangos varían de 5-10 °C, la variación de temperaturas tiene una relación directa con la altitud del lugar, teniendo temperaturas bajas en las partes altas del distrito.

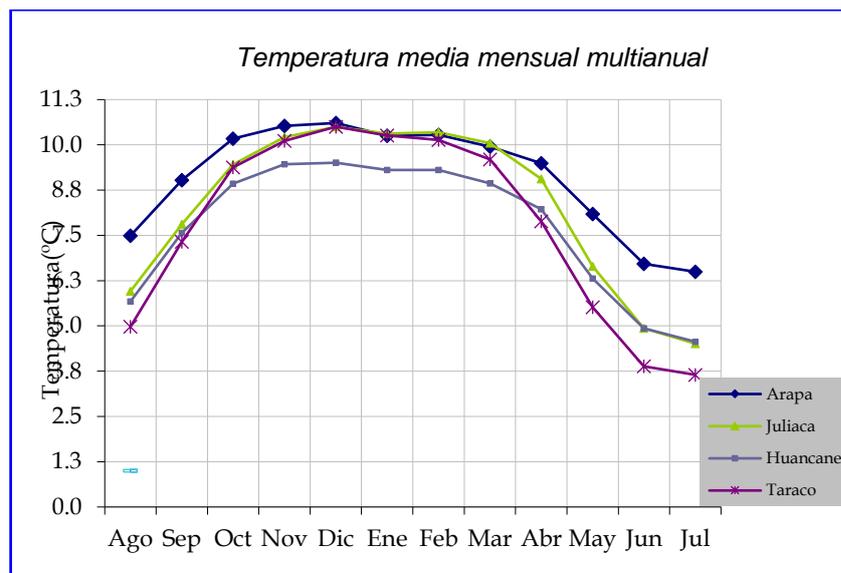


Figura Nro. 29. Temperatura media mensual del distrito de Samán.



4.6 GEOLOGÍA REGIONAL

Estudios Geológicos Previos

Una de las primeras investigaciones geológicas es la de (Raimondi & Balta, 1902), quien examinó las aguas termales alrededor de Ocuvi. Más tarde a conocer la presencia de rocas jurásicas en el área. Los principales trabajos que dieron el conocimiento y establecieron la estratigrafía en la Cordillera y en el Altiplano fueron los de (Newell, 1949). Más tarde el mapeo para la comisión de la Carta Geológica Nacional por (Wilson & García, 1962) establecieron la estratigrafía cenozoica la que fue subsecuentemente aplicada en todo el sur del Perú incluyendo los cuadrángulos adyacentes al Sur del área del Proyecto y que son descritos por (Marocco & Del Pino, 1966).

Uno de los últimos estudios de investigación denominada: Proyecto Geológico Integrado del Sur fue realizada entre 1983 y 1986 bajo un programa de Cooperación Técnica entre los Gobiernos del Reino Unido y del Perú. Los organismos encargados de ejecutarlo fueron el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) del Ministerio de Energía y Minas y el British Geological Survey (BGS) bajo los auspicios de The Overseas Development Administration (ODA). Realizando lo siguiente:

ERATERMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	Simb.	LITOLOGIA	TECTÓNICA	DESCRIPCIÓN			
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holocena	Dep. Aluviales	Qh-ai		Intramontañosa	Gravas, arenas en matriz arenolimosas.			
		Pleistocena	Dep. fluvio-glaciares	Qh-fg			Bloques subangulosos a subredondeados de tamaño heterogeneo.			
			dep. Morrenicos	Qpl-mo			Bloques y gravas angulosas en matriz arenosa limosa.			
		PALEOGENO (Terciario inferior)	Fm. Azángaro	NQ-az			Lodolitas, arcillolitas, limitas y areniscas limosas de color rojizo.			
	Plioceno		Gpo. Tacaza	PN-ta			Flujos andesíticos , tobas y brechas volcanicas.			
	Mioceno									
	Oligoceno Eoceno Paleoceno		Gpo. Puno	P-pu			Conglomerados y arenisca de grano grueso, limolitas y delgados niveles tobaceos.			
			Fm. Muñani	P-mu			Intercalación de areniscas y limolitas de color anaranjados a marron rojosos.			
	MESOZOICO		CRETÁCICO	Superior			Fm. Auzangate	Ksp-au	Cuenca de antepais andino	2do Corrimiento
		Medio		Fm. Viquechico			Inferior	Ks-vi		
Intermedio Superior					Lutitas violaces y areniscas calcareas.					
Inferior		Fm. Ayabacas	Kis-ay	Limoarcillitas y lutitas de color gris con niveles de arenisca.						
JURÁSICO		Malm	Fm. Huancané	Inferior	Ki-hn	Primer Corrimiento	Areniscas conglomeradicas y areniscas cuarzosas y feldespaticas			
		Dogger		Fm. Muni			JskI-mu	Areniscas compactas de color marrón rojosos.		
		Lias	Fm. Sipín	JskI-si	Lutitas rojas abigarradas, limoarcillitas y areniscas.					
			TRIÁSICO	Gpo. Mitu	PsT-mi		Calizas de color gris intercaladas con arenisca calcarea.			
PALEOZOICO		PERMICO	Superior	Series del paleozoico		Cuenca antepais	Tectonica extensional	Areniscas arcósicas, grauwacas y limolitas rojasos.		
			Inferior							
	Carbonifero Silúrico Devónico							Rocas del paleozoico		

Figura Nro. 30. Columna estratigráfica de cuenca de Putina. Fuente: Canaza Ortiz 2017.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA Y GEOMORFOLOGICA

5.1.1 LITOLOGÍA

El presente trabajo es el resultado del estudio litológico realizado en el área de estudio. Éste es acompañado por un mapa litológico a escala 1:25 000 (Anexos).

5.1.1.1 Paleozoico

Formación Chagrapi (sd-ch)

En el distrito se localiza al Noreste del pueblo de Samán, a 10 kilómetros, en el cerro Chucaripo un pequeño afloramiento con contenidos de Lutitas y limolitas finamente laminadas intercaladas con areniscas arcósicas, fósiles. Así mismo esta formación aflora a 2 kilómetros al Sureste del pueblo de Samán con un afloramiento más extenso, en el cerro Puruntane el cual se presenta en una franja que va de Noroeste a Sureste, por consiguiente, comprende un área de 423.13 hectáreas, que representa el 1,47% del área total del terreno.

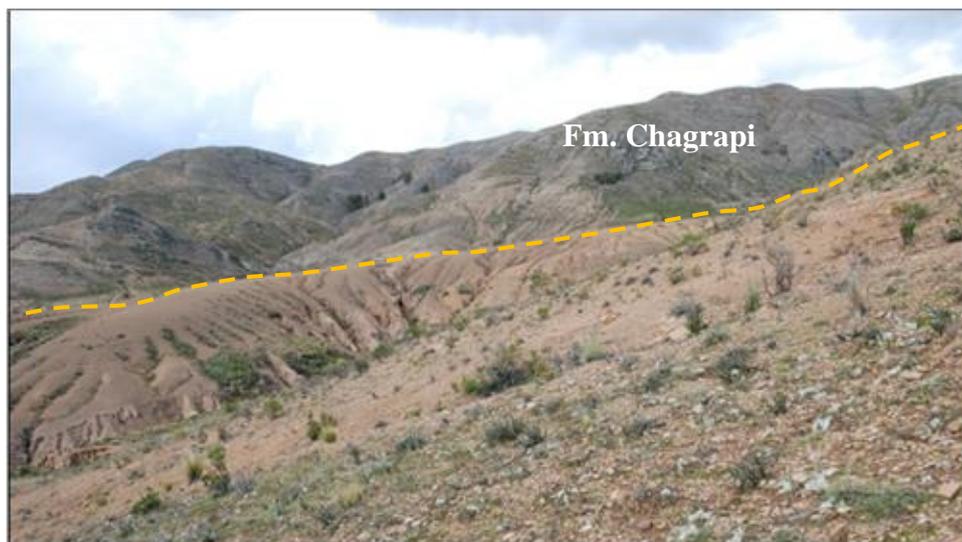


Figura Nro. 31: *Formación Chagrapi que tiene un proceso erosivo conformado por intercalaciones de limolitas y fangolitas*

5.1.1.2 Mesozoico

Formación Ayabacas (kis-ay)

En el área de estudio, sus afloramientos ocurren 8 kilómetros al Suroeste del pueblo de Samán específicamente en el cerro Huilapata teniendo una extensión media con respecto a los demás afloramientos. Con una litología de Calizas micríticas laminares y bioturbadas, lentes de chert, arcillitas rojas y areniscas calcáreas, así mismo comprende un área de 191.91 hectáreas que representa el 0,67% del área total del terreno.



Figura Nro. 32: *Calizas de la Fm. Ayabacas que aflora al SW de la localidad de Samán.*

Formación Muni (JsKi-mu)

La formación Muni se desplaza desde los 2 km del poblado de Samán en la parte Sureste, comenzando en el cerro de Puruntane, zona de Patalla, hasta el cerro Saynallanca, con una litología de Calizas micríticas y nodulares, dolomitas, calcarenitas, arenisca feldespática verde, limoarcillitas. Presenta una extensión grande de afloramiento rocoso cubriendo un área aproximada de 1605.67 hectáreas, que representa el 5,57% de área total del terreno.



Figura Nro. 33: *Calizas de la Fm. Muni.*

Grupo Moho (kis-mo)

El grupo Moho en el distrito se encuentra localizado a 9 km al Noreste del pueblo de Samán siendo un único y pequeño afloramiento en el cerro Chucaripo, con una litología de areniscas cuarzosas, lodolitas rojas bioturbadas, delgados niveles de calizas micríticas y espática en la base de color gris oscuro, así mismo comprende un área de 119.88 hectáreas, que representa el 0,42% del área total del terreno.

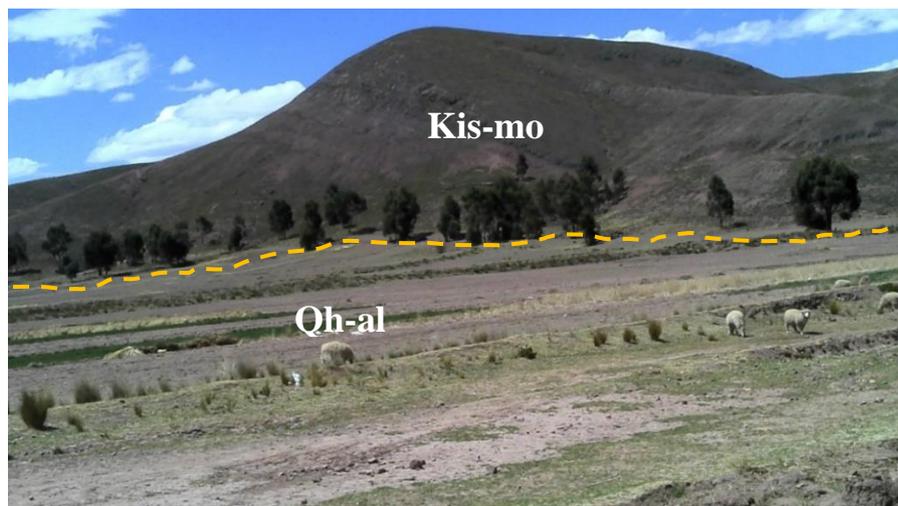


Figura Nro. 34: *Grupo Moho en el Cerro Chucaripo de Samán.*

5.1.1.3 Cenozoico

Grupo tacaza (PN-ta)

El grupo Tacaza comienza su afloramiento en las comunidades campesinas de Jasana Chico a unos 7.5 kilómetros al Norte del poblado de Samán, en la comunidad de Chucaripo y Carigueta con tres afloramientos, compuestos de lavas y brechas andesíticas, cubriendo un área aproximada de 113.3 hectáreas, que representa el 0,39% del área total del terreno.



Figura Nro. 35: *Cantera en el Volcánico Tacaza en la comunidad de Jasana Chico.*

Depósitos Cuaternarios

Los depósitos cuaternarios en la zona de estudio fueron divididos de acuerdo a su orden cronológico y modo de ocurrencia. Estos materiales el 83.72% del total del área de estudio y son descritos en los siguientes párrafos:

Depósitos Fluviales (Qh-fl)

Estos depósitos se presentan en las riberas del río Ramis, tienen una dirección de Suroeste a Noreste, constan de pequeñas terrazas que afloran en la zona de Chacamarca (continuación del río Ramis), los cuales se localizan en los codos internos del lecho del río y tienen una litología de gravas subangulosas mal clasificadas en matriz arenosa cuya

potencia oscilan entre 3 a 4m. Tienen un área de 122.14 hectáreas, que representa el 0,42% del área total de estudio.



Figura Nro. 36: *Depósitos Fluviales al NW del pueblo de Samán.*

Depósito Fluvio-aluvial (Qh-fa)

Los depósitos fluvioaluviales se presentan en las riberas del río Ramis, en los codos de sedimentación con una dirección de Suroeste a Noreste y en la zona de Chacamarca (continuación del río Ramis), con una litología de Intercalación de gravas y limos ubicados en las orillas de lagos y lagunas, cubriendo un área aproximada de 525.03 hectáreas, que representa el 1,82% del área total.



Figura Nro. 37: *Depósito Fluvio-aluvial (Qh-fa).*

Depósitos Aluvial 1 (Qh-al1)

Ésta es la unidad más extensa en el distrito distribuyéndose a lo largo de todas las comunidades campesinas y está constituido por depósitos de limos y arenas mal seleccionadas en matriz limo-arcilloso, cubriendo un área aproximada de 11458.36 hectáreas, siendo, y que representa el 39,72% de área total.



Figura Nro. 38: *Depósito Aluvial (1) (Qh-al1).*

Deposito Aluvial 2 (Qh-al2)

Se ubica al noreste del distrito específicamente en la comunidad campesina de Chucaripo. Está constituido por depósitos de capas de limos y arenas, cubriendo un área aproximada de 300,03 hectáreas, que representa 1,04% del área total y que



Figura Nro. 39: *Depósito aluvial 2 (Qh-al2).*

Depósito Aluvial 3 (Qh-al3)

Está ubicada hacia el sur del distrito, específicamente en la comunidad campesina de Jasana Grande, constituido por depósitos de capas de gravas y arenas en matriz limosa, cubriendo un área aproximada de 176,25 hectáreas, que representa el 0,61% del área total y que

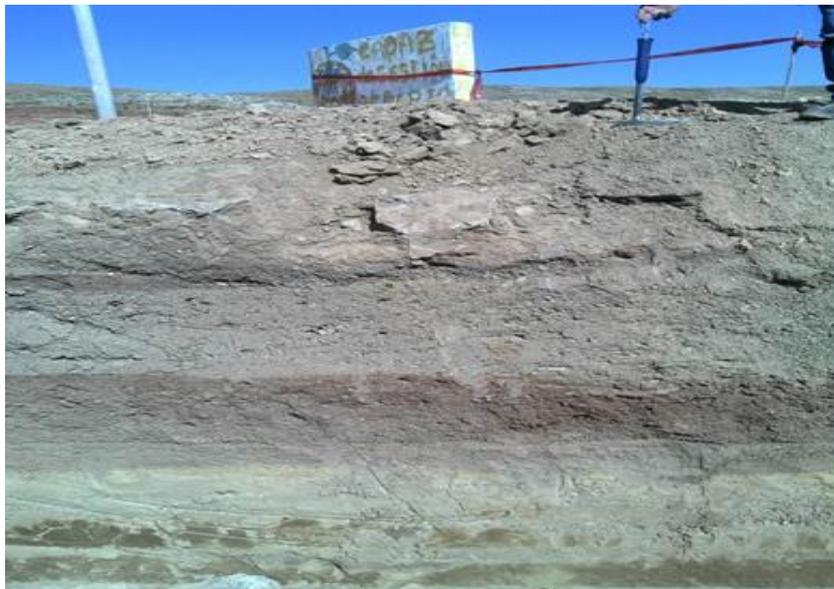


Figura Nro. 40: *Depósito aluvial 3 (Qh-al3).*

Depósito Aluvial 4 (Qh-al4)

Ubicada al lado oeste del distrito, abarcando las comunidades campesinas de Ticuncari y Collincha y está constituido por depósitos limoarenosos mal seleccionados en matriz calcárea, cubriendo un área aproximada de 139.90 hectáreas, que representa el 0,49% del área total del terreno.



Figura Nro. 41: *Depósito aluvial 4 (Qh-al4).*

Depósitos coluviales 1 (Qh-co1)

Estos depósitos se ubican hacia el sureste del distrito, específicamente en las comunidades de Jasana Grande y Muni Grande. En cuanto a la litología comprende depósitos de arenas calcáreas, lodolitas rojas bioturbadas, cubriendo un área aproximada de 598.31 hectáreas que representa el 2,07% del área total del terreno.



Figura Nro. 42: *Depósito coluvial 1 (Qh-co1).*

Depósitos coluviales 2 (Qh-co2)

Estos depósitos se ubican hacia el suroeste del distrito, abarcando más extensión en las comunidades campesinas de Icallo e Isilloa. En cuanto a la litología comprende depósitos de arenas mal seleccionadas en matriz limoarenosa calcárea, cubriendo un área aproximada de 139.38 hectáreas, que representa el 0,48% del área total del terreno.



Figura Nro. 43: *Depósito coluvial 2 (Qh-co2).*

Depósitos coluviales 3 (Qh-co3)

Estos depósitos se ubican hacia el noreste del distrito, específicamente la comunidad campesina de Chucaripo. En cuanto a la litología conforma depósitos de calcarenitas Gravas angulosas a subangulosas, lodolitas rojas bioturbadas, cubriendo un área aproximada de 34.55 hectáreas, que representa el 0,12% del área total del terreno.



Figura Nro. 44: *Depósito coluvial 3 (Qh-co3).*

Depósitos coluviales 4 (Qh-co4)

Estos depósitos se ubican hacia el norte y noreste del distrito, específicamente entre las comunidades de Jasana Chico, Carigueta y Chucaripo. En cuanto a la litología comprende depósitos recientes de limolitas finas intercaladas con arenas arcósicas y presencia de fragmentos de rocas andesíticas, cubriendo un área aproximada de 47.05 hectáreas, que representa el 0,16% del área total del terreno.



Figura Nro. 45: *Depósito Coluviales 4 (Qh-co4).*

Depósitos coluviales 5 (Qh-co5)

Estos depósitos se ubican hacia el sureste y noreste del distrito, específicamente en las comunidades de Carigueta y Acarapisco en su gran mayoría. En cuanto a la litología comprende depósitos recientes limoarcillosos con tonalidades grises y arenas finas poco consolidados, cubriendo un área aproximada de 132.16 hectáreas que representa el 0,46% del área total del terreno.



Figura Nro. 46: *Depósito coluvial 5 (Qh-co5).*

Depósitos coluviales 6 (Qh-co6)

Estos depósitos se ubican hacia el norte del distrito, específicamente en las comunidades de Muni Chico. En cuanto a la litología comprende depósitos limo-arenosos con presencia gravas redondeadas y arenas mal seleccionadas en matriz limoarcilloso, cubriendo un área aproximada de 52.33 hectáreas, que representa el 0,18% del área total del terreno.



Figura Nro. 47: *Depósito Coluvial 6 (Qh-co6).*

Depósitos coluviales 7 (Qh-co7)

Estos depósitos se ubican hacia el noreste del distrito, específicamente en la comunidad campesina de Chucaripo. En cuanto a la litología comprende depósitos recientes de limolitas finas intercaladas con areniscas arcósicas y presencia de fragmentos

de rocas andesíticas, cubriendo un área aproximada de 46.31 hectáreas, que representa el 0,16% del área total del terreno.



Figura Nro. 48: *Depósito Coluviales 7 (Qh-co7).*

Depósitos lacustres (Qh-la)

Estos depósitos palustres se localizan en la parte norte y más extenso en la parte noreste del pueblo de Samán, también con afloramientos pequeño en la parte sur del distrito, en las cercanías del lago Arapa, otra zona donde se localizan lo depósitos lacustres están por la laguna Collpacocho al noroeste del pueblo de Samán, y otro lugar donde se presenta esta por la laguna Chillincho al suroeste de Samán. Con una litología que presenta depósitos recientes constituidos por areniscas, limoarcillitas, turba y algunos con niveles de diatomitas, cubriendo un área de 3372.38 hectáreas, que representa el 11,69% del área total del terreno.



Figura Nro. 49: *Depósito Lacustres (Qh-la).*

Intrusivo no denominado (PN-grd)

Roca ígnea intrusiva, que es descrita como una granodiorita, el afloramiento se ubica al norte de la ciudad y solo presenta un afloramiento y que cubre un área de 45.78 hectáreas, que representa el 0,16% del área total del terreno.



Figura Nro. 50: *Intrusivo no denominado (PN-grd).*

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA DEL DISTRITO DE SAMÁN

ERA	SISTEMA	EPOCA	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	SIMBOLOGIA	EDAD M.A.	DESCRIPCION	LITOLOGÍA
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Deposito Aluvial	Qh-al4	> a 0.0115 M.a.	Depositos limoarenosos mal seleccionados en matriz calcarea	
				Qh-al3		Depositos de capas de gravas y arenas en matriz limosa	
				Qh-al2		Depositos de capas de limos y arenas	
				Qh-al1		Depositos de limos y arenas mal seleccionadas en matriz limo-arcilloso	
			Deposito Coluvial	Qh-co1		Depositos de arenas calcareas, lodolitas rojas bioturbadas, fragmentos de calizas micriticas y espatica	
				Qh-co2		Depositos de arenas mal seleccionadas en matriz limoarenosa calcarea	
				Qh-co3		Depositos de calcarenitas Gravas angulosas a subangulosas y areniscas cuarzosas, lodolitas rojas bioturbadas, fragmentos de calizas micriticas y espatica	
				Qh-co4		Depositos recientes de limolitas finas intercaladas con areniscas arcocicas y presencia de fragmentos de rocas andesiticas	
				Qh-co5		Depositos recientes limoarcillosos con tonalidades grises y arenas finas poco consolidados	
	Qh-co6	Depositos limoarenosos con presencia gravas redondeadas y arenas mal seleccionadas en matriz limoarcilloso					
	Qh-co7	Depositos recientes de limolitas finas intercaladas con areniscas arcocicas y presencia de fragmentos de rocas andesiticas					
	Deposito Fluvial	Qh-fl	Gravas subangulosas mal clasificadas en matriz arenosa				
	Deposito Fluvio-Aluvial	Qh-fa	Intercalacion de gravas y limos ubicados en las orillas de lagos y lagunas				
Deposito Lacustre	Qh-la	Depositos recientes constituidos por areniscas, limoarcillitas, sales, sulfatos, turba y algunos con niveles de diatomitas					
PALEOGENO	NEOGENO	Oligoceno/Mioceno	Grupo Tacaza	PN-ta	33.9 a 1.8 M.a.	Lavas y brechas de naturaleza andesitica con vulcarenitas y aglomerados grises	
			Intrusivo no denominado	PN-grd		Granodiorita	
MESOZOICO	CRETACEO	Superior	Formacion Ayabacas	Kis-ay	99.6 a 65.5 M.a.	Calizas micriticas laminares y bioturbadas, lentes de chert, arcillitas rojas y areniscas calcareas	
		Inferior	Grupo Moho	Kis-mo		Areniscas cuarsosas blancas arcocicas y limolitas rojas	
	JURASICO	Superior	Formacion Muni	JsKi-mu	145.5 a 99.6 M.a.	Calizas micriticas y nodulares, dolomitas, calcarenitas, arenisca feldespatica verde, limoarcillitas	
PALEOZOICO	DEVONICO	Inferior	Formacion Chagrapi	SD-ch	418.7 a 397.5 M.a.	Lutitas y limolitas finamente laminadas intercaladas con areniscas arcocicas, fosiles	
	SILURICO	Superior					

Figura Nro. 51: Columna estratigrafía del distrito de Samán.

Fuente: Elaboración propia en base a INGEMMET y IUSG (Internacional Unión Geological Survey).

5.1.2 GEOMORFOLOGÍA

Es el resultado del mapeo geomorfológico realizado en el área de estudio. Éste es acompañado por un mapa geomorfológico a escala 1:25 000 (Anexos).

5.1.2.1 Unidades geomorfológicas

Áreas de Actividad Antrópica (A-atr)

La acción del hombre sobre el relieve es muy variable dependiendo de la actividad que se realice en este caso debido a la construcción de nuevas viviendas, aumento de población urbana y también la construcción de obras civiles como carreteras, etc. Se identificaron cinco áreas urbanas, que están ubicadas al noroeste, noreste, centro, suroeste y sureste del distrito, así tenemos un área aproximada de 52.73 ha donde se emplaza el pueblo de Samán, que representa el 0.18% del área total y el porcentaje de pendiente que tiene es bajo, de 0 a 2%.



Figura Nro. 52: Plaza de Armas Samán, donde se ubica el área urbana.

Colina Alta Estructural (C-ae)

Esta unidad geomorfológica se localiza en el cerro Patallamayo hacia el suroeste del distrito Samán, así mismo comprende zonas con una morfodinámica degradacional alta, sobre rocas sedimentarias de grano fino y en sectores donde ocurren areniscas la degradación es moderada, que pertenecen a la Formación Muni y Formación Chagrapi;

esta cubre un área aproximada de 1,537.95 ha, que representa el 5.33% del área total de estudio, sus pendientes oscilan entre el 8 al 75%.



Figura Nro. 53: *Colina alta estructural del distrito de Samán.*

Colina Baja Estructural (C-be)

La colina estructural sedimentaria baja en el distrito de Samán, tenemos tres unidades ubicadas al norte y noroeste del distrito, destacando el Grupo Tacaza con rocas volcánicas y plutónicas y también en el lado sureste y suroeste del distrito, conformadas por una morfodinámica degradacional moderada, cubriendo un área aproximada de 129.94 ha, que representa el 0.45 % del área total y con un porcentaje de pendiente que oscila entre el 4 y 50% en distintas zonas.



Figura Nro. 54: *Colina baja estructural característico del distrito de Samán.*

Colina Media Estructural (C-me)

La colina estructural sedimentaria media en el distrito de Samán, se localiza una unidad de colina media hacia el noreste del distrito en rocas sedimentarias y volcánicas del Grupo Moho, Grupo Tacaza y Formación Chagrapi, también tenemos dos unidades de colina media en el lado sur y suroeste del distrito conformando en su litología rocas sedimentarias de la Formación Ayabacas y Formación Muni, así mismo comprende zonas con una morfodinámica degradacional baja y moderada, cubriendo un área aproximada de 872.87 ha, que representa el 3.03 % del área total y con un porcentaje de pendiente que oscila entre 8 y 75% en diferentes zonas.



Figura Nro. 55: *Colina media estructural característico del distrito de Samán.*

Ladera de Colina Alta Coluvial (L-cac)

Ubicadas al sureste del distrito, constituida por terrenos inclinados escarpados, que se presentan en las partes laterales de las colinas altas estructurales, generalmente en la base, así mismo presenta zonas con morfodinámica degradacional moderada. Estas zonas están constituidas por materiales sueltos resientes conformados por depósitos coluviales, así tenemos un área aproximada de 434.82 ha, que representa el 1.51 % del área tota y con un porcentaje que oscila entre el 4 y 50%.



Figura Nro. 56: *Ladera de la colina alta coluvial del distrito de Samán.*

Ladera de Colina Baja Coluvial (L-abc)

Son zonas que acompañan a las faldas de las colinas bajas, en el distrito tenemos dos unidades que se ubican al norte y suroeste, estas zonas están conformadas por una morfodinámica degradacional baja con materiales sueltos resientes que son depósitos coluviales, así tenemos un área aproximada de 117.55 ha, que representa el 0.41 % del área total y con un porcentaje de pendiente que oscila entre 4 y 25%.



Figura Nro. 57: *Ladera de la colina baja coluvial.*

Ladera de Colina Media Coluvial (L-cmc)

Son zonas que acompañan a las faldas de las colinas medias, en el distrito tenemos ocho unidades de este depósito: dos de estas unidades se ubican al noreste del distrito, las

otras seis unidades se ubican en el lado sur y suroeste del distrito, así mismo presenta algunas elevaciones moderadas. Estas zonas están conformadas por una morfodinámica degradacional baja compuesta por materiales sueltos resientes conformados por depósitos coluviales, así tenemos un área aproximada de 338.97 ha, que representa el 1.18 % del área total y con un porcentaje de pendiente que oscila entre 2 y 50% en diferentes zonas.



Figura Nro. 58: *Ladera de colina madia coluvial del distrito de Samán.*

Lago (Lago)

Los lagos son considerados como unidades geomorfológicas comunes y en el distrito de Samán resalta el lago de Arapa. Este lago está ubicado entre Samán y otros dos distritos, los cuales son: Arapa y Chupa, así tenemos un área aproximada de 8,302.81 ha, que representa el 28.78% del área total.

Laguna (Lgna)

Las lagunas pueden considerarse según su naturaleza tanto temporal como permanente teniendo que el total de lagunas es 54, y el distrito de Samán presenta estos dos tipos de lagunas (53 temporales que están distribuidas con unidades con mayor área al sur y noreste del distrito y con unidades de menor área al noroeste del distrito y 1 permanente ubicado casi al centro del distrito), así tenemos que las lagunas permanentes son zonas de moderada degradación y eventuales episodios inundacionales, en cambio

las lagunas temporales son zonas de sedimentación únicamente en ciertos periodos estacionarios, y comprende en sumatoria un área aproximada de 646.52 ha, que representa el 2.24 % del área total.



Figura Nro. 59: *Laguna.*

Lecho Fluvial (L-flv)

Los lechos fluviales en el distrito de Samán se localizan con un rumbo de suroeste a noreste del pueblo de Samán. Básicamente se encuentra en los codos internos del río Ramis, y en la zona de Chacamarca continuación del río Ramis, cubriendo un área aproximada de 122.14 ha, con lecho fluvial inundable y zona agradacional, que representa el 0.42 % del área total y el porcentaje de pendiente que tiene es de 0 a 2%.



Figura Nro. 60: *Lecho fluvial.*

Llanura Aluvial (Lln-al)

En el distrito de Samán esta unidad a representa el área más grande con respecto a otras unidades geomorfológicas, no presenta elevaciones considerables con una morfodinámica agradacional, el porcentaje de pendiente que presenta esta unidad varía entre el 0 al 8%. Se encuentra cubriendo un área de 12,010.23 ha, que representa el 41.64



Figura Nro. 61: *Llanuras aluviales.*

Llanura Inundable (LI-i)

Las llanuras inundables como unidad geomorfológica, que conforman zonas de morfodinámica agradacional y sedimentación orgánica de depósitos lacustres, así tenemos un área aproximada de 3,372.38 ha, que representa el 11.69 % del área total y con un porcentaje de pendiente que oscila entre 0 al 8%.



Figura Nro. 62: *Vista de llanura inundable en el distrito de Samán.*

Rio (Rio)

En el distrito se presenta como una zona agradacional y acumulación de sedimentos y con el pasar del tiempo adopta una forma meandriforme, así mismo su ubicación en el distrito es en la parte central y noreste, así mismo tenemos un área aproximada de 198.81 ha, que representa el 0.69 % del área total.



Figura Nro. 63: *Rio de Samán.*

Terraza Fluvio-Aluvial (T-fa)

Se ubican en la parte central del distrito en la misma dirección del rio de suroeste a noreste, está conformada por una morfodinámica agradacional de depósitos fluvio-aluviales así tenemos un área aproximada de 525.03 ha, que representa el 1.82 % del área total y con un porcentaje de pendiente que esta entre 0 a 4%.



Figura Nro. 64. *Terraza fluvio-aluvial en el Rio de Samán.*

Valle Aluvial (V-al)

Los valles aluviales en el distrito de Samán son zonas de morfodinámica agradacional o sedimentación de depósito aluvial proveniente de las partes altas, tenemos solo una unidad y se ubica al suroeste del distrito específicamente en la comunidad campesina de Jasana Grande y consta de 64.32 ha, que representa el 0.22 % del área total y con un porcentaje de pendiente entre 4 y 8%.



Figura Nro. 65: *Valle aluvial.*

Valle Coluvial (V-co)

Los fondos de valles coluviales se distribuyen cercanas a las colinas al sur del distrito de Samán en una dirección de sureste al centro del distrito, comprende zonas con

una morfodinámica agradacional o sedimentación de depósitos coluviales que provienen en su mayoría de la Formación Muni, así tenemos un área aproximada de 117.65 ha, que representa el 0.41 % del área total y con un porcentaje de pendiente que oscila entre 4 y 25%.



Figura Nro. 66: *Valle coluvial.*

Tabla Nro. 19: Clasificación Jerarquizada de las unidades Geomorfológicas, representadas en área y porcentaje.

PROVINCIA GEOMORFOLÓGICO	GRAN AMBIENTE	AMBIENTE	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SIMBOLOGIA	ÁREA	ÁREA (%)	
Altiplano	Cordillera	Colinas del terciario	Colina alta estructural	C-ae		1537.95	7.49
			Colina media estructural	C-me		872.87	4.25
			Colina baja estructural	C-be		129.94	0.63
	Cordillera	Colinas del terciario Holocénicas	Ladera de colina alta coluvial	L-cadc		434.82	2.12
			Ladera de colina media coluvial	L-cmdc		338.97	1.65
			Ladera de colina baja coluvial	L-cbdc		117.55	0.57
			Valle aluvial	Va-al		64.32	0.31
			Valle coluvial	Va-co		117.65	0.57
			Lecho fluvial	L-flv		122.14	0.59
	Planicies	Llanuras costeras	Llanura aluvial	Lln-al		12010.23	58.47
			Llanura inundable	Lln-i		3372.38	16.42
			Laguna	Lag		646.52	3.15
			Rio	Rio		198.81	0.97
			Terraza Fluvi-Aluvial	T-fa		525.03	2.56
	Sectores de Actividad Antrópica	Antrópico	Áreas de actividad antrópica	A-atr		52.73	0.26
ÁREA					20541.90	100.00	



5.2 INFORMACIÓN TEMÁTICA E INSUMOS GENERADOS

5.2.1 OCURRENCIAS MINERO METÁLICAS

El distrito de Samán en cuanto a depósitos mineros metálicos es muy restringido o casi inexistente, debido a que no presenta metalotectos que puedan albergar algún tipo de yacimiento minero, debido a eso, solo se tomó en consideración la ocurrencia minera de la formación Muni en el centro del distrito.

5.2.2 OCURRENCIAS MINERO NO METÁLICAS

5.2.2.1 Descripción de la variable de depósitos de rocas y minerales

Depósitos de yeso

Los depósitos de yeso en el área de estudio se emplazan en la formación geológica Muni a manera de mantos sedimentarios de buzamientos sub horizontales a sub verticales con potencias en algunos casos de 6 metros a más de 10 metros, en la actualidad se realizan trabajos de extracción.

Depósitos de rocas calcáreas

Los depósitos de rocas calcáreas en el área de estudio geológicamente se les conoce con el nombre de la formación Ayabacas estas rocas sedimentarias se pueden usar fácilmente en la industria del cemento, en la actualidad no se realizan trabajos de extracción, sin embargo, mediante un análisis geológico minero estas calizas Ayabacas son aptas para la industria del cemento.

Depósitos de gravas y arenas

Geológicamente son depósitos de formación reciente determinado como cuaternario fluvial (Qh-fl) y fluvio-aluvial (Qh-fa) emplazados en las riberas del río

Ramís del área de estudio, el material agregado también es acompañado de limos, pero en menor cantidad.

Depósitos de rocas andesítica

Los depósitos de rocas andesíticas del paleogeno-neogeno son explotados y usados como roca ornamental, las escasas zonas de afloramiento son aprovechadas para este fin, categorizándolo como uno de los depósitos minero no metálico, asignándole para este insumo un valor de nivel muy alto.

Depósitos de gravas y limos

Geológicamente son depósitos resientes determinado como cuaternario fluvio-aluvial (Qh-fa) situado a las riveras del rio Ramís en el área de estudio, el material agregado depositado posee una capa de limos intercalada con gravas.

Depósitos de limos y arenas

De formación resiente y categorizado dentro de las unidades litológicas como cuaternario aluvial² (Qh-al²) caracterizado por poseer capas de limos y arenas.

Tabla Nro. 20: Representación de las ocurrencias mineras no metálicas en el distrito de Samán.

TIPO DE OCURRENCIA	Nro	COMUNIDAD	TIPO DE DEPÓSITO	ELEMENTO
No Metálico	1	Jasana Grande	Cantera de Rocas	Yeso
	2	Jasana Chico	Cantera de Rocas	Andesita
	3	Chucaripo	Cantera de Rocas	Andesita
	4	Icallo	Cantera de Rocas	Calizas
	5	Jasana Grande	Cantera de Rocas	Calizas
	6	Muni Chico	Depósito de Agregados	Grava y Arena
	7	Acarapisco	Depósito de Agregados	Grava y Arena
	8	Acarapisco	Depósito de Agregados	Grava y Arena

TIPO DE OCURRENCIA	Nro	COMUNIDAD	TIPO DE DEPÓSITO	ELEMENTO
	9	Jasana Grande	Depósito de Agregados	Grava y Arena
	10	Collincha	Depósito de Agregados	Grava y Arena



Figura Nro. 67: *Depósito de agregados (Grava y Arena) en la comunidad de Acarapisco cercano al Pueblo de Samán.*

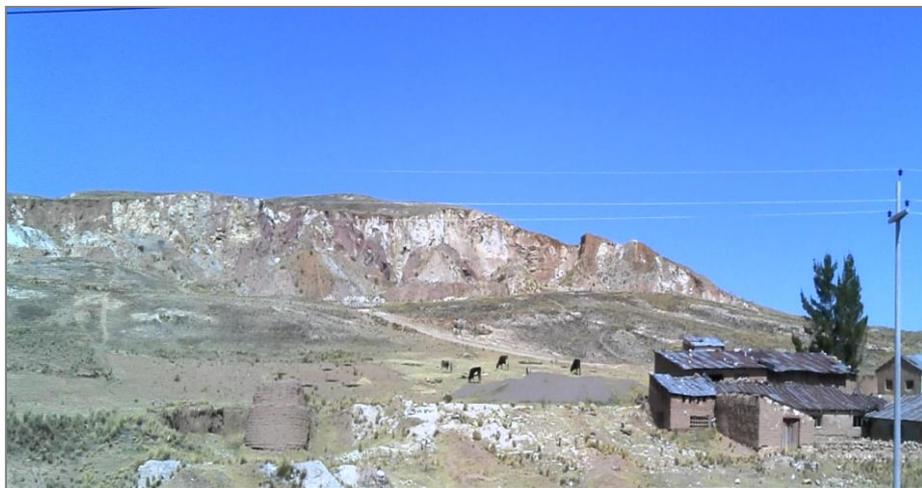


Figura Nro. 68: *Cantera de Yeso en la Comunidad campesina de Jasana Grande.*

5.2.3 CONCESIONES MINERO NO METÁLICAS

Para valorizar la capa de concesiones se utilizó el catastro minero actualizado de la página web del INGEMMET, este fue contrapuesto con el campo litotecto del área de intervención y se tuvo que discriminar solamente las concesiones no metálicas “N” del



SHP. Así, las concesiones tituladas fueron utilizadas para este efecto, aunque también se tienen concesiones tituladas, tramite, Otros y D.M. Extinguido.

5.2.3.1 Descripción de la Variable Concesiones Mineras

Se ha desarrollado la identificación de concesiones mineras en el área de intervención, que consta de las siguientes:

Concesión Titular Cal & Cemento Sur S.A. (D.M. en Trámite D.L. 708)

Esta concesión no metálica de dos cuadrículas está realizada con gran interés sobre las calizas de la formación Ayabacas (Kis-ay), y parte de los cuaternarios aluvial¹ y coluvial².

Concesión Titular Constanza Silvia Cayapalo Olin (D.M. Titulado D.L. 109)

Esta concesión consta de tres cuadrículas antiguas como PEÑA BLANCA de 40 ha, PEÑA BLANCA de 15 ha y PEÑA BLANCA de 9 ha, esta concesión realizada preponderantemente sobre la formación Muni (JsKi-mu); estas concesiones en la actualidad se encuentran en plena actividad minera extractiva del yeso.

Concesión Titular Felicia Margarita Lopez Iliquin (D.M. en Tramite D.L. 708)

Esta concesión consta de 28 has concesionadas para la formación Muni que alberga los depósitos de Yeso, y para los depósitos cuaternarios que se enmarcan dentro de la concesión, esta concesión minera se encuentra en estado de actividad inicial.



Concesión Titular Jorge Luis Naira Roque (D.M. en Tramite D.L. 708)

La concesión titular Jorge Luis Naira Roque con el nombre de GENESIS-I se le asigna una ponderación con nivel de muy alto para la formación Muni, esta concesión posee la presencia de yeso; esta concesión se encuentra en estado de actividad inicial con presencia de cateos.

Concesión Titular Magda Cristina Urquizo Cayapalo De Acuña (D.M. Cautelar Pod. Jud. y D.M. Exting. Pub. L.D. Reden.)

Esta concesión no metálica de una cuadrícula antigua de 50 has, esta concesión realizada con gran interés sobre la formación Muni (JsK-mu), y parte del cuaternario coluvial1, y la formación Chagrapi; esta concesión se encuentra en estado de actividad minera inicial con presencia de cateos.

Concesión Titular S.M.R.L. Benjamin 2003 Y Minera Ticompani Sumiriani S.R.L. (D.M. Titulado D.L. 708)

Las dos cuadrículas para MINERA TICOMPANI posee una un nivel de muy alto para la parte de la formación Muni.

Concesión Titular S.M.R.L. Los Geranios De Muñi Grande (D.M. Titulado D.L. 708)

Estas dos cuadrículas traslapan parcialmente parte de la formación Muni en el área de intervención por albergar los depósitos de yeso; esta concesión minera se encuentra en plena actividad extractiva del yeso.



Concesión Titular S.M.R.L. Minera Los Andes PC PT (D.M. Titulado D.L. 708)

Estas dos cuadrículas para MINERA LOS ANDES con nivel calificativo de muy alto para la parte de la formación Muni, misma que se encuentran en actividad de estado inicial como cateos.

Concesión Titular Yura S.A. (D.M. en Tramite D.L. 708)

La concesión YURA conformada por cinco (05) cuadrículas traslapan parcialmente parte de la formación Ayabacas en el área de intervención; esta concesión ese encuentra en estrado de actividad inicial con cateos.

5.2.4 GEOQUÍMICA PARA POTENCIAL MINERO METÁLICO

Debido a que las muestras en el ámbito de estudio son escasas, se ha realizado una metodología de ajuste para su tratamiento geoestadístico basado en la interpolación Kriging, metodología adecuada al contexto de trabajo, esto para evitar un sesgo muy elevado que pueda distorsionar la realidad de dichos estudios.

Los resultados de las muestras en laboratorio se muestran en la tabla siguiente:

Tabla Nro. 21: *Relación de muestras enviadas para el análisis de laboratorio.*

Punto	Este	Norte	Código de campo	Descripción
1	390010	8309500	MGS-1	Muestra de sedimento fluvial
2	390882	8315389	MGS-2	Muestra de Roca Ígnea Intrusiva - Diorita
3	390943	8316312	MGS-3	Muestra de Roca Volcánica - Traquita
4	396293	8318219	MGS-4	Muestra de Roca Volcánica - Andesita basáltica
5	389871	8304221	MGS-5	Muestra de Roca Sedimentaria - Caliza
6	389615	8304234	MGS-6	Muestra de sedimento fluvial



Tabla Nro. 22: *Resultados de las muestras enviadas al laboratorio.*

Nro.	1	2	3	4	5	6
Ag ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
As ppm	29.5	7.8	5.5	24	12.8	34.9
Bi ppm	0.26	0.08	0.06	0.05	0.03	0.62
Cd ppm	0.15	0.08	<0.05	<0.05	0.06	0.08
Ce ppm	45	40.3	4.4	23.3	7.6	12.6
Co ppm	15.62	4.26	2.24	9.14	1.03	16.24
Cs ppm	10.28	0.82	2.9	5.05	0.23	4.83
Ga ppm	6.15	8.64	2.01	1.93	0.57	5.71
Ge ppm	7.1	2.9	2.1	3.1	0.8	4.2
Hf ppm	0.39	0.11	0.1	0.26	0.09	0.13
In ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
La ppm	21.5	21.5	1.7	13.4	3.6	5.3
Li ppm	19	41.8	6	2.1	2.1	34.6
Mo ppm	1.41	0.3	0.56	0.75	2.74	1.03
Nb ppm	1	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2
Ni ppm	23.3	11.5	4.1	16.6	4.2	30.8
Pb ppm	25.4	32.5	15.5	9.3	6.2	20.4
Rb ppm	15	12.2	7	10.4	2.7	25.3
Sb ppm	2.4	0.2	0.3	3.8	0.1	1
Se ppm	3	<1	<1	<1	<1	2
Sn ppm	1.5	0.5	2.3	0.6	<0.3	4.4
Ta ppm	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Tb ppm	0.5	0.6	0.1	0.4	<0.1	0.2
Te ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Th ppm	6.16	6.83	1.19	3	0.64	3.06
Tl ppm	0.15	0.09	0.07	<0.05	0.09	0.17
U ppm	1.17	0.8	0.88	0.74	1.06	0.46
W ppm	0.6	0.3	0.6	0.5	<0.1	0.1
Y ppm	9.3	21	2	7.6	2.5	4.6
Yb ppm	0.7	1.4	0.2	0.5	0.2	0.4

Tabla Nro. 23: *Tabla de valores de fondo y anomalías Geoquímicas.*

		As	Ce	Pb	Rb
DATOS ESTADISTICOS					
DESV. ESTANDAR		8.2	10.1	4.7	4.2
MEDIA		12.5	11.8	10.3	8.7
MEDIANA		10.3	7.6	9.3	7
MAX		12.8	40.3	32.5	12.2
MIN		5.5	4.4	6.2	2.7
REALIZADOS USANDO FORMULA					
FONDO REGIONAL	(Media+mediana)/2	11.4	9.7	9.8	7.9
ANOMALIA LEVE	(FondoRegional)+1*(DesviacionEstandar)	19.6	19.8	14.6	12.0
ANOMALIA NORMAL	(FondoRegional)+2*(DesviacionEstandar)	27.9	29.9	19.3	16.2
ANOMALIA FUERTE	(FondoRegional)+3*(DesviacionEstandar)	36.1	40.0	24.0	20.4
VARIABLES					
CLARCK		5.5	4.4	6.2	2.7
FONDO REGIONAL		11.4	9.7	9.8	7.9
UMBRAL - TRHESHOLD		27.9	30.0	19.0	16.2
ANOMALIA		19.6	20.0	15.0	12.3

5.2.5 GEOQUÍMICA PARA POTENCIAL AGRÍCOLA

Debido a que se tiene 39 muestras se ha realizado una metodología de tratamiento geoestadístico eligiendo los elementos de nuestro interés porcentual (De acuerdo con Padrón Pereira), trabajando con la siguiente tabla.

Tabla Nro. 24: *Comparación de la composición de minerales de semilla de quinua con algunos cereales.*

Minerales (mg/ 100 g)*	Quinua	Trigo	Arroz	Maíz	Cebada	Avena
Calcio, Ca	47,00	34,00	28,00	7,00	29,00	54,00
Cobre, Cu	0,59	0,55	0,22	0,31	0,42	0,63
Hierro, Fe	4,57	3,52	0,80	2,71	2,50	4,72
Potasio, K	563,00	431,00	115,00	287,00	280,00	429,00
Magnesio, Mg	197,00	144,00	25,00	127,00	79,00	177,00
Manganeso, Mn	2,03	3,01	1,09	0,49	1,32	4,92
Selenio, Se (µg/100 g)	8,50	89,40	15,10	15,50	37,70	-
Sodio, Na	5,00	2,00	5,00	35,00	9,00	2,00
Fósforo, P	457,00	508,00	115,00	210,00	221,00	523,00
Zinc, Zn	3,10	4,16	1,09	2,21	2,13	3,97

Fuente:(Padrón Pereira et al., 2015).



Los resultados de las muestras en laboratorio, basados en la tabla anterior se muestran en la tabla Siguiente:

Tabla Nro. 25: Resultados, análisis de muestras (Caracterización de Suelos).

X	Y	COD	K(ppm)	P(ppm)	Mg(meq/100g)	Ca(meq/100g)
401750	8317508	C - 01	204.00	18.00	4.60	13.82
399523	8315451	C - 02	62.00	1.70	1.65	11.73
395588	8315884	C - 03	53.00	3.40	4.48	10.10
395101	8316787	C - 04	51.00	3.30	1.23	4.01
395234	8317788	C - 05	95.00	2.10	4.10	11.16
385998	8319263	C - 06	88.00	3.50	0.53	2.08
386603	8320043	C - 07	175.00	2.70	1.98	3.97
389452	8316099	C - 08	49.00	5.50	1.25	3.98
390632	8316795	C - 09	59.00	3.40	3.12	6.56
390805	8313752	C - 10	154.00	14.70	0.75	4.84
390668	8311076	C - 11	54.00	3.30	3.03	7.50
388555	8309046	C - 12	551.00	3.30	2.15	12.70
391568	8308838	C - 13	169.00	0.30	0.70	9.46
388845	8306732	C - 14	42.00	3.40	1.98	15.01
387589	8302138	C - 15	108.00	2.20	4.48	13.09
388253	8300574	C - 16	228.00	1.00	0.63	10.31
389838	8297502	C - 17	387.00	2.50	2.76	9.51
392198	8301136	C - 18	305.00	3.00	1.56	17.12
391929	8301922	C - 19	67.00	1.60	0.50	14.41
393825	8299534	C - 20	79.00	3.50	0.93	17.98
392291	8303351	C - 21	36.00	1.10	0.95	6.46
392236	8303615	C - 22	40.00	1.10	1.76	4.54
391590	8304308	C - 23	60.00	1.10	0.46	10.83
390845	8306147	C - 24	17.00	5.70	0.65	13.47
388411	8303710	SAM-4	1782.56	8.40	14.40	39.20
390367	8303566	SAM-3	1442.33	8.60	9.60	19.80
389701	8302760	SAM-20	1569.92	9.00	23.80	82.70
390711	8299707	SAM-2	2037.74	10.00	13.00	14.20
392693	8299005	SAM-21	931.99	12.00	10.60	15.70
388660	8299895	SAM-8	591.75	7.77	8.50	10.30
386537	8315519	SAM-12	719.34	9.05	4.90	3.00
383891	8319219	SAM-11	676.81	11.00	1.10	88.90
388623	8319255	SAM-13	1612.45	8.93	26.30	16.70
390748	8316145	SAM-10	931.99	9.96	5.00	4.50
397664	8314899	SAM-21	1102.10	8.87	7.40	12.60
400270	8316047	SAM-23	1442.33	6.06	3.80	6.50
390281	8307457	SAM-8	506.70	8.98	5.80	12.60
390544	8306745	SAM-18	719.34	10.03	9.20	19.60
388847	8307690	SAM-5	761.87	7.56	7.00	13.60

Ahora se procede a obtener cada mapa de interpolación Geoquímica bajo validación haciendo el uso de semivariogramas.

Mapa Geoquímico de Potasio (K)

En este caso los datos debieron ser transformados para un adecuado ajuste de semivariograma.

	Untransformed	Transformed
mean	123.484	4.557
std deviation	104.609	0.710
sample variance	10943.14345	0.5035
minmum value	17.00	2.83
maximum value	551.00	6.31
n (n missing or excluded)	39 (0)	39 (0)
frequency distribution		
skewness (se)	2.29 (0.38)	0.26 (0.38)
kurtosis (se)	6.04 (0.74)	0.07 (0.74)

Figura Nro. 69: Estadística de datos, Potasio.

Fuente: GS+ GeoStatistics (Gamma Design Software, 2015).

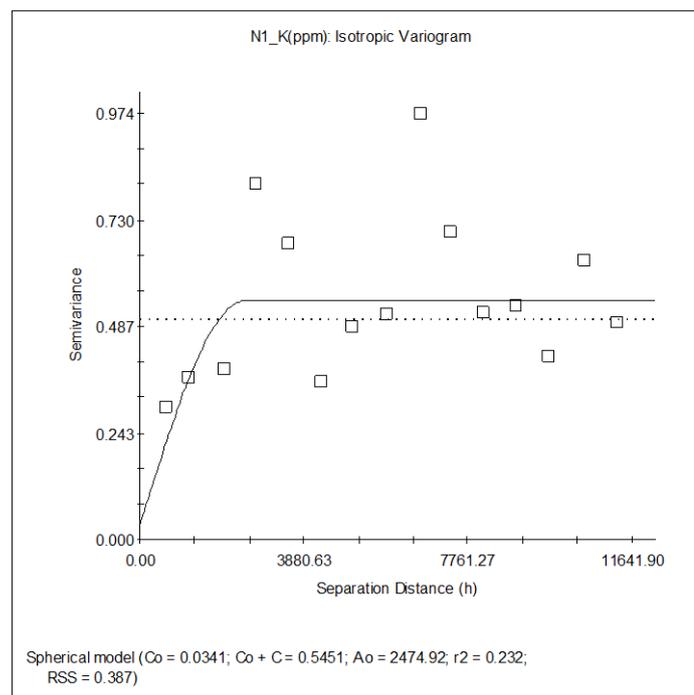


Figura Nro. 70: Semivariograma Ajustado de Potasio.

Fuente: GS+ GeoStatistics (Gamma Design Software, 2015).

Con los datos obtenidos mediante ajuste variográfico modelamos el mapa de interpolación - Potasio (Anexos).

Mapa Geoquímico de Fósforo (P)

En este caso los datos debieron ser transformados para un adecuado ajuste de semivariograma.

	Untransformed	Transformed
mean	5.836	2.353
std deviation	4.211	0.848
sample variance	17.73185	0.7186
minmum value	0.30	0.84
maximum value	18.00	4.29
n (n missing or excluded)	39 (0)	39 (0)
frequency distribution		
skewness (se)	0.80 (0.38)	0.22 (0.38)
kurtosis (se)	0.12 (0.74)	-0.87 (0.74)

Figura Nro. 71: Estadística de datos, Fósforo.

Fuente: GS+ GeoStatistics (Gamma Design Software, 2015).

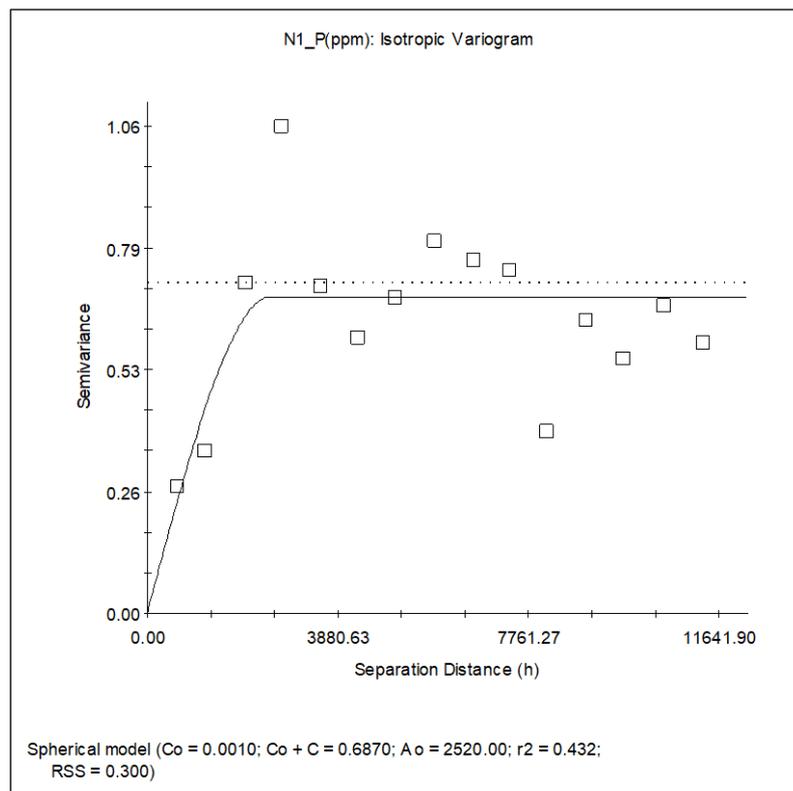


Figura Nro. 72: Semivariograma Ajustado de Fósforo.

Fuente: GS+ GeoStatistics (Gamma Design Software, 2015).

Con los datos obtenidos mediante ajuste variográfico modelamos el mapa de interpolación - Fósforo (Anexos).

Mapa Geoquímico de Magnesio (Mg)

En este caso los datos debieron ser transformados para un adecuado ajuste de semivariograma.

	Untransformed	Transformed
mean	5.042	1.038
std deviation	5.937	1.115
sample variance	35.24763	1.243
minmum value	0.46	-0.78
maximum value	26.30	3.27
n (n missing or excluded)	39 (0)	39 (0)
frequency distribution		
skewness (se)	2.14 (0.38)	0.11 (0.38)
kurtosis (se)	4.53 (0.74)	-0.94 (0.74)

Figura Nro. 73: Estadística de datos, Magesio.

Fuente: GS+ GeoStatistics (Gamma Design Software, 2015).

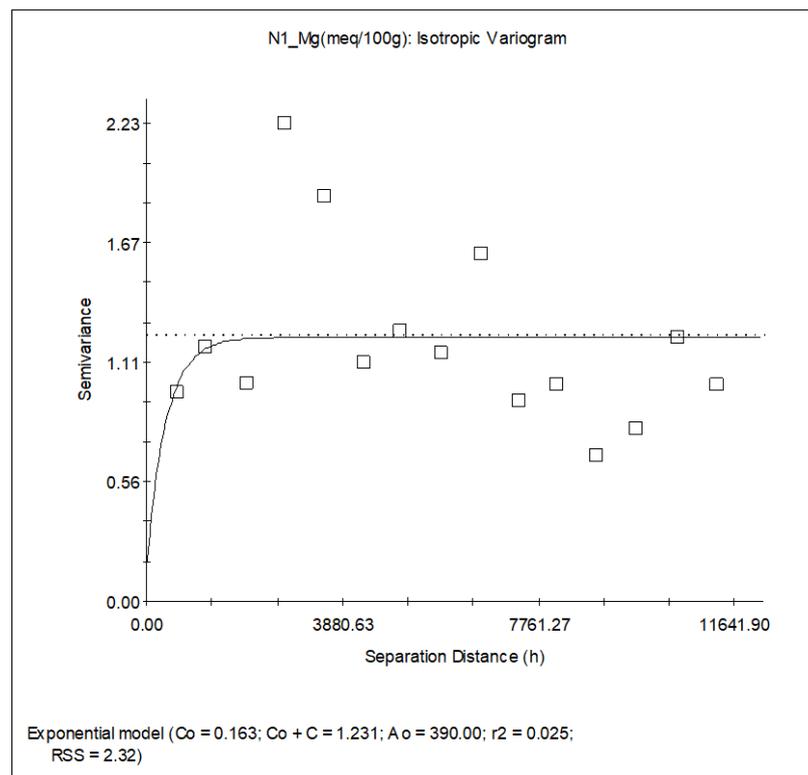


Figura Nro. 74: Semivariograma Ajustado de Magnesio.

Fuente: GS+ GeoStatistics (Gamma Design Software, 2015).

Con los datos obtenidos mediante ajuste variográfico modelamos el mapa de interpolación - Magnesio (Anexos).

Mapa Geoquímico de Calcio (Ca)

En este caso los datos debieron ser transformados para un adecuado ajuste de semivariograma.

	Untransformed	Transformed
mean	15.245	2.380
std deviation	17.887	0.774
sample variance	319.94779	0.5990
minum value	2.08	0.73
maximum value	88.90	4.49
n (n missing or excluded)	39 (0)	39 (0)
frequency distribution		
skewness (se)	3.28 (0.38)	0.52 (0.38)
kurtosis (se)	10.36 (0.74)	1.13 (0.74)

Figura Nro. 75: Estadística de datos, Calcio.

Fuente: GS+ GeoStatistics (Gamma Design Software, 2015).

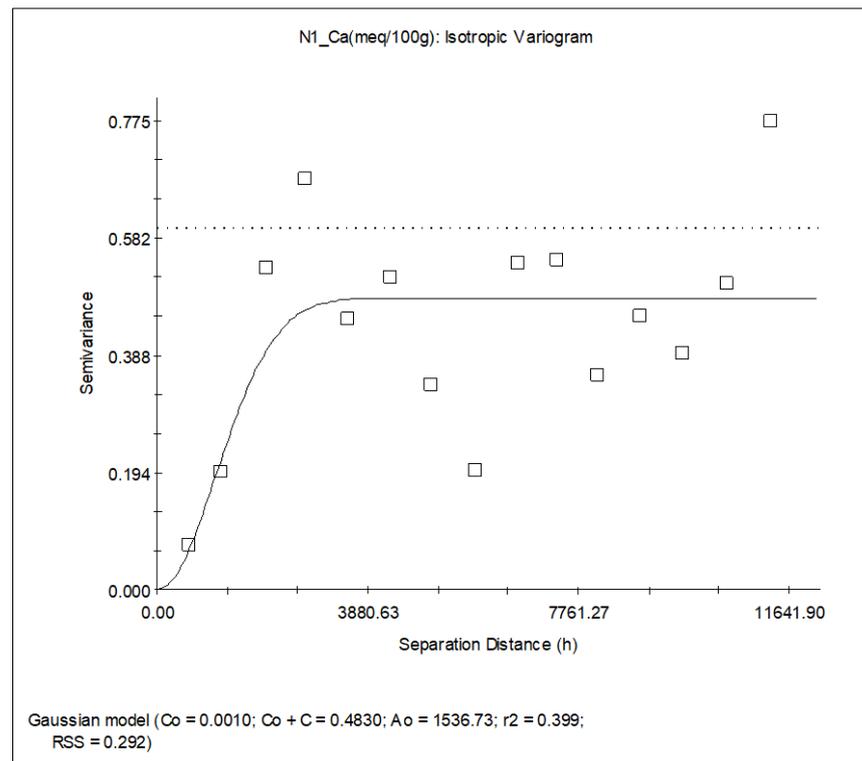


Figura Nro. 76: Semivariograma Ajustado de Calcio.

Fuente: GS+ GeoStatistics (Gamma Design Software, 2015).

Con los datos obtenidos mediante ajuste variográfico modelamos el mapa de interpolación - Calcio (Anexos).

5.2.6 SUELOS

5.2.6.1 Clasificación natural de los suelos

Tabla Nro. 26: *Clasificación natural del suelo*

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUBGRUPO	SERIES DE SUELOS	SIMBOLO
Entisol	Orthent	Cryorthent	Typic Cryorthent	Furuntani	FU
			Lithic Cryorthent	Pupujia Colina	PC
		Ustorthent	Typic Ustorthent	Icallo	IC
			Lithic Ustorthent	Pupujia Pata	PP
	Fluvent	Ustifluent	Typic Ustifluent	Chacamarca	CM
			Typic Ustifluent	Samán	SA
Inceptisol	Ustept	Calciustept	Typic Calciustept	Copa Islana	CI
			Typic Calciustept	Jasana Grande	JG
			Lithic Calciustept	Esqueleque	ES
		Haplustept	Typic Haplustept	Caratela	CA
				Icallo I	IL
				Muni Chico	MU
	Taquanchaqui			TC	
	Ustalf	Haplustept	Fluentic Haplustept	Chucaripo pampa	CP
				Colincha	CO
	Alfisol	Ustalf	Haplustalf	Inceptic Haplustalf	Chucaripo
Typic Haplustalf				Pampa Muni	PM
Udalf		Hapludalf	Typic Hapludalf	Tambo	TA
Mollisol	Ustoll	Calciustoll	Typic Calciustoll	Isilloa	IS
Rio					Rio
Banco de arena					BA
Laguna					Lg
Centro urbano					CU
Actividad antrópica					AU

Fuente: (Burgess & Webster, 1980)

Orden Entisol

Paisaje de un coluvial, donde se ha identificado el suelo Furuntani, siendo la aptitud potencial de estas tierras para Pastoreo y en protección de calidad agrológica baja, con serias limitaciones de suelos, erosión y clima. Que tiene una pendiente de (50-75%) fuertemente empinado.

Inceptisol

Paisaje de un aluvial, donde se ha identificado el suelo Caratela, siendo en protección, con serias limitaciones de suelos, salinidad y clima. Que tiene una pendiente de (0-4%) ligeramente inclinado y moderadamente inclinado.

Alfisol

Paisaje terraza media ondulado, donde se ha identificado el suelo Tambo, siendo la aptitud potencial de estas tierras para cultivos en limpio de calidad agrológica baja, con serias limitaciones de suelos y clima. Que tiene una pendiente de (0-2%) plano.

Mollisol

Paisaje altiplanicie, donde se ha identificado el suelo Isilloa, siendo la aptitud potencial de estas tierras para Pastoreo de calidad agrológica baja, con serias limitaciones de suelos y clima. Que tiene una pendiente de (2-4%) ligeramente inclinado, Superficies de las unidades cartográficas

Tabla Nro. 27: Cuadro de clasificación de unidades cartográficas de suelos.

UNIDAD DE SUELOS	UNIDAD CARTOGRAFICA		PENDIENTE	FASE	
	SUPERFICIE			SUPERFICIE	
	AREA (ha)	%		AREA (ha)	%
Caratela	243.36	1.18	A	23.56	0.11
			C	219.80	1.07
Chacamarca	853.13	4.15	A	470.61	2.29
			B	382.52	1.86
Chucaripo	1,862.71	9.07	A	1,513.41	7.37
			B	349.30	1.70
			B	330.47	1.61
Chucaripo pampa	668.91	3.26	C	293.95	1.43
			D	40.13	0.20
			E	4.36	0.02
			B	134.08	0.65
Colincha	762.12	3.71	C	628.04	3.06
			A	300.68	1.46
Copa Islana	437.47	2.13	B	136.79	0.67
			C	124.08	0.60
Esqueleque	1,800.93	8.77	D	396.49	1.93



			E	735.58	3.58
			F	544.78	2.65
			C	0.76	0.00
			D	18.08	0.09
Furuntani	384.05	1.87	E	91.53	0.45
			F	228.55	1.11
			G	45.13	0.22
			C	1.22	0.01
Icallo	184.47	0.90	D	56.94	0.28
			E	97.22	0.47
			F	29.09	0.14
Icallo I	141.82	0.69	B	118.19	0.58
			D	23.63	0.12
Isilloa	305.08	305.08	B	305.08	1.49
			A	222.99	1.09
Jasana Grande	627.23	3.05	B	275.58	1.34
			C	128.66	0.63
Muni Chico	5,163.66	25.14	A	5,141.67	25.03
			B	21.99	0.11
			A	13.62	0.07
			B	752.13	3.66
Pampa Muni	1,048.13	5.10	C	56.92	0.28
			D	176.70	0.86
			E	47.03	0.23
			F	1.72	0.01
			C	0.23	0.00
			D	18.17	0.09
Pupujia Colina	126.70	0.62	E	28.48	0.14
			F	75.12	0.37
			G	4.69	0.02
			C	14.89	0.07
			D	31.97	0.16
Pupujia Pata	233.24	1.14	E	76.33	0.37
			F	100.96	0.49
			G	9.09	0.04
Quejon Mocco	3,195.76	15.56	A	251.99	1.23
			B	2,943.77	14.33
Saman	599.57	2.92	A	438.21	2.13
			B	161.36	0.79
Tambo	677.48	3.30	A	9.75	0.05
			B	667.73	3.25
Taquanchaqui	205.87	205.87	C	205.87	1.00
Actividad antrópica	52.73	52.73	A	52.73	0.26
Banco de arena	122.14	122.14	A	122.14	0.59
Laguna	646.52	646.52	Laguna	646.52	3.15
Rio	198.81	198.81	Rio	198.81	0.97
TOTAL				20,541.90	100.00



Suelo Caratela (Haplustept)

Presentan un perfil A, C1 y C2 poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor clima y salinidad, la textura media, la reacción ligeramente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Tierras en protección.

Suelo Chacamarca (Ustifluvent)

Presentan un perfil A, C, 2A y 2A2 poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, la textura media, la reacción moderadamente profunda, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para cultivos en limpio.

Suelo Chucaripo (Haplustalf)

Presentan un perfil Ap, A y B evolucionado, identificándose un suelo desarrollado, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo, salinidad, drenaje e inundación, la textura es moderadamente fina, la reacción moderadamente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para pastos.

Suelo Jasana Grande (Calciustept)

Presentan un perfil A, C1, C2 poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo, drenaje y clima, de textura moderadamente fina, la reacción ligeramente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la



capa arable es baja. Su aptitud para pastos en un 70% y para cultivos en limpio en un 30%.

Suelo Chucaripo pampa (Haplustept)

Presentan un perfil A, AC, C, Cr poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo, drenaje, salinidad y clima, de textura moderadamente gruesa, la reacción Neutro, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para pastos.

Suelo Putujia Colina (Cryorthent)

Presentan un perfil A, R, poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son superficiales; con limitaciones de factor suelo, erosión y clima, de textura moderadamente gruesa, la reacción es neutro, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Tierras en protección.

Suelo Pupujia Pata (Ustorthent)

Presentan un perfil A, R, 2AC y 2C poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo, erosión y clima, de textura moderadamente gruesa, la reacción Neutro, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para pastos y con pendiente fuertemente empinado, tierras en protección.



Suelo Muni Chico (Haplustept)

Presentan un perfil Ap, A2, AC y Cgr poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura moderadamente fina, la reacción muy fuertemente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para cultivos en limpio.

Suelo Colincha (Haplustept)

Presentan un perfil A1, A2, C1 y C2, poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura media, la reacción moderadamente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para pastos.

Suelo Quejon Mocco (Haplustept)

Presentan un perfil Ap, C1, C2 y C3 poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura moderadamente gruesa, la reacción fuertemente ácido, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para cultivos en limpio.

Suelo Pampa Muni (Haplustalf)

Presentan un perfil Ap, Bw y BC, evolucionado, identificándose un suelo desarrollado, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura moderadamente fina, la reacción



moderadamente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para pastos.

Suelo Furuntani (Cryorthent)

Presentan un perfil A, C, y CR poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo, erosión y clima, de textura media, la reacción fuertemente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para pastos y con pendientes fuerte mente empinados en tierras en protección.

Suelo Esqueleque (Calciustept)

Presentan un perfil A, C1, Cgr2 poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura media, la reacción ligeramente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para pastos en un 70% y cultivos en limpio en un 30%.

Suelo Icallo (Ustorthent)

Presentan un perfil A, C1 y C2, poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundo y mayor parte son superficiales; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura media, la reacción ligeramente ácido y ligeramente alcalino, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para pastos.



Suelo Isilloa (Calciustoll)

Presentan un perfil A, B y C evolucionado y poco evolucionado, identificándose un suelo desarrollado joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura moderadamente fina, la reacción ligeramente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para pastos.

Suelo Icallo I (Haplustept)

Presentan un perfil A, C1, C2gr poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura media, la reacción ligeramente ácido, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es media. Su aptitud es para cultivos en limpio.

Suelo Saman (Ustifluent)

Presentan un perfil Ap, C1 y C2 poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son profundos; con limitaciones de factor drenaje, salinidad y clima, de textura media, la reacción moderadamente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para pastos.

Suelo Tambo (Hapludalf)

Presentan un perfil A, B y C poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura media, la reacción fuertemente ácido, la

saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para cultivos en limpio.

Suelo Copa Islana (Calciustept)

Presentan un perfil A, AB y B evolucionado, identificándose un suelo desarrollado, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura media, la reacción muy fuertemente alcalina, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para cultivos en limpio en 60% y para pastos en un 40%.

Suelo Taquanchaqui (Haplustept)

Presentan un perfil Ap, C1 y C2 poco evolucionado, identificándose un suelo joven, como horizonte de diagnóstico. Los suelos son moderadamente profundos; con limitaciones de factor suelo y clima, de textura moderadamente fina, la reacción moderadamente ligera, la saturación de bases está alrededor de 100%. La fertilidad de la capa arable es baja. Su aptitud es para cultivos en limpio.

5.2.7 CAPACIDAD DE USO MAYOR

La interpretación del estudio de suelo ha permitido establecer los usos posibles de tierras a nivel de subclase y establecer su categoría de uso. Las unidades espaciales están representadas en el Mapa de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras.

Tabla Nro. 28: *Unidades Cartográficas de Capacidad de Uso Mayor de las tierras identificadas en el estudio.*

GRUPO	CLASE	SUBCLASE	DESCRIPCIÓN DE CAPACIDAD DE USO MAYOR
Área urbana	AU	AU	Áreas Urbanas
Banco de arena	Arena	X°(arena)	Banco de arena
Laguna	Lagu	X°(lagu)	Laguna



GRUPO	CLASE	SUBCLASE	DESCRIPCIÓN DE CAPACIDAD DE USO MAYOR
Rio	Rio	X°(rio)	Rio
A	A3	A3sc	Tierras aptas para cultivos en limpios, calidad agrologica baja, limitación por suelo y clima
A-P	A3-P3	A3sc-P3sc	Tierras aptas para cultivos en limpios, calidad agrologica baja, limitación por suelo, limitación por clima - Tierras aptas para pastos; calidad agrologica baja, limitación suelo, limitación por clima
P	P3	P3wl	Tierras aptas para pastos; calidad agrologica baja, limitación por drenaje, limitación por sales
		P3s	Tierras aptas para pastos; calidad agrologica baja, limitación por suelo
		P3sc	Tierras aptas para pastos; calidad agrologica baja, limitación suelo, limitación por clima
		P3sec	Tierras aptas para pastos; calidad agrologica baja, limitación suelo, limitación por erosión, limitación por clima
		P3slwi	Tierras aptas para pastos; calidad agrologica baja, limitación suelo, limitación por sales, limitación por drenaje, limitación por riesgo de inundación
		P3se	Tierras aptas para pastos; calidad agrologica baja, limitación suelo, limitación por erosión
P-A	P3-A3	P3sc-A3sc	Tierras aptas para pastos; calidad agrologica baja, limitación suelo, limitación por clima - Tierras aptas para cultivos en limpios, calidad agrologica baja, limitación por suelo, limitación por clima
		P3swc-A3swc	Tierras aptas para pastos; calidad agrologica baja, limitación por suelo, drenaje y clima - Tierras aptas para pastos; calidad agrologica baja, limitación suelo, drenaje y clima
X	X	Xcl	Tierras de protección; limitación por clima, limitación por sales
		Xse	Tierras de protección; limitación por suelos, limitación por erosión
		Xsec	Tierras de protección; limitación por suelos, limitación por erosión, limitación por clima

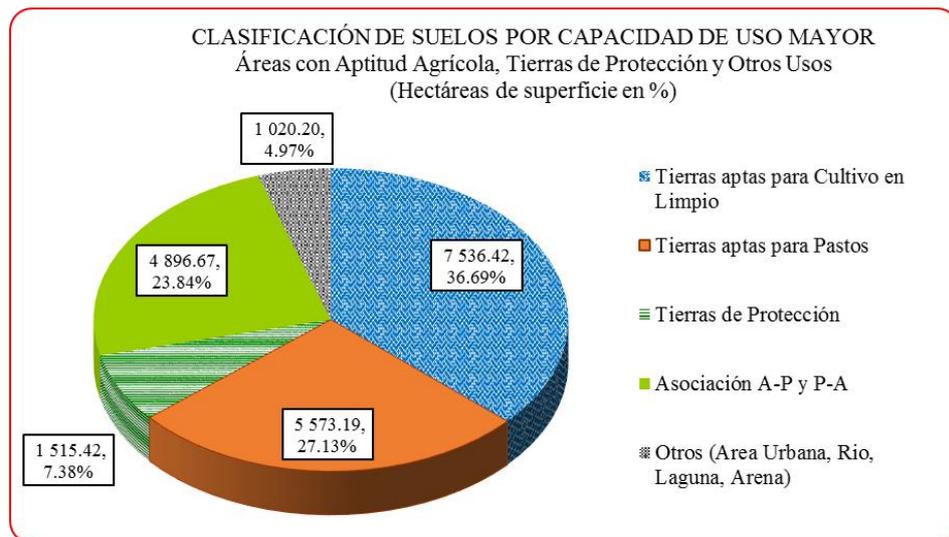


Figura Nro. 77: Distribución porcentual del CUM.

5.3 POTENCIALIDADES FÍSICAS-AMBIENTALES

Consta en la determinación de obtener la aptitud vocacional y natural de la unidad territorial para el desarrollo productivo mediante los componentes biofísicos que permitan el desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables y no renovables del distrito de Samán. Para lo cual el proceso de implementación del ordenamiento territorial de la microzonificación de la provincia de Azángaro del distrito de Samán, ha determinado integrar los sub modelos de potencial que son los siguientes.

5.3.1 MINERÍA

5.3.1.1 POTENCIAL MINERO METÁLICO

OBTENCIÓN DEL SUB MODELO

Para la obtención del sub-modelo del potencial minero metálico se identificaron previamente cuatro (04) insumos básicos y de gran relevancia como la variable de litología, ocurrencias mineras y la geoquímica; cada una de estas variables han sido ponderadas según criterio geológico – minero para su aprovechamiento económico.

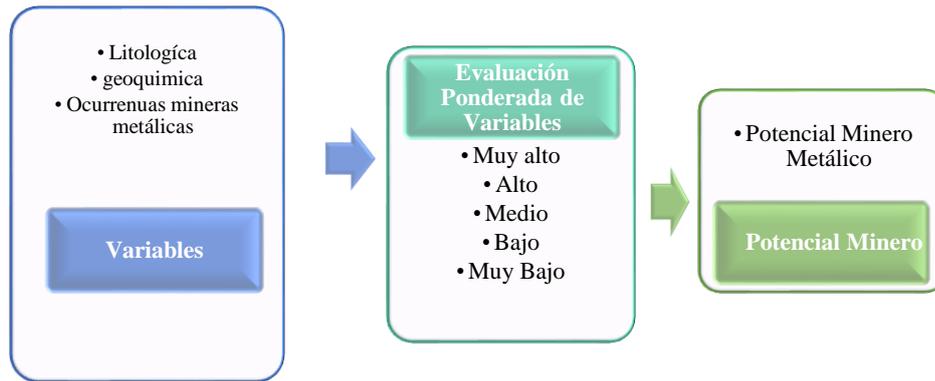


Figura Nro. 78: *Identificación y ponderación de las variables para calcular el potencial minero metálico en el ámbito priorizado.*

Construcción del diseño lógico del sub modelo

Para la construcción del sub modelo cartográfico de potenciales mineros metálicos, se realizó como base un diseño lógico para el sub modelo, el que sistematiza y distribuye según criterios de valor en pesos según importancia de cada variable o insumo, resultando así la determinación del potencial minero metálico.

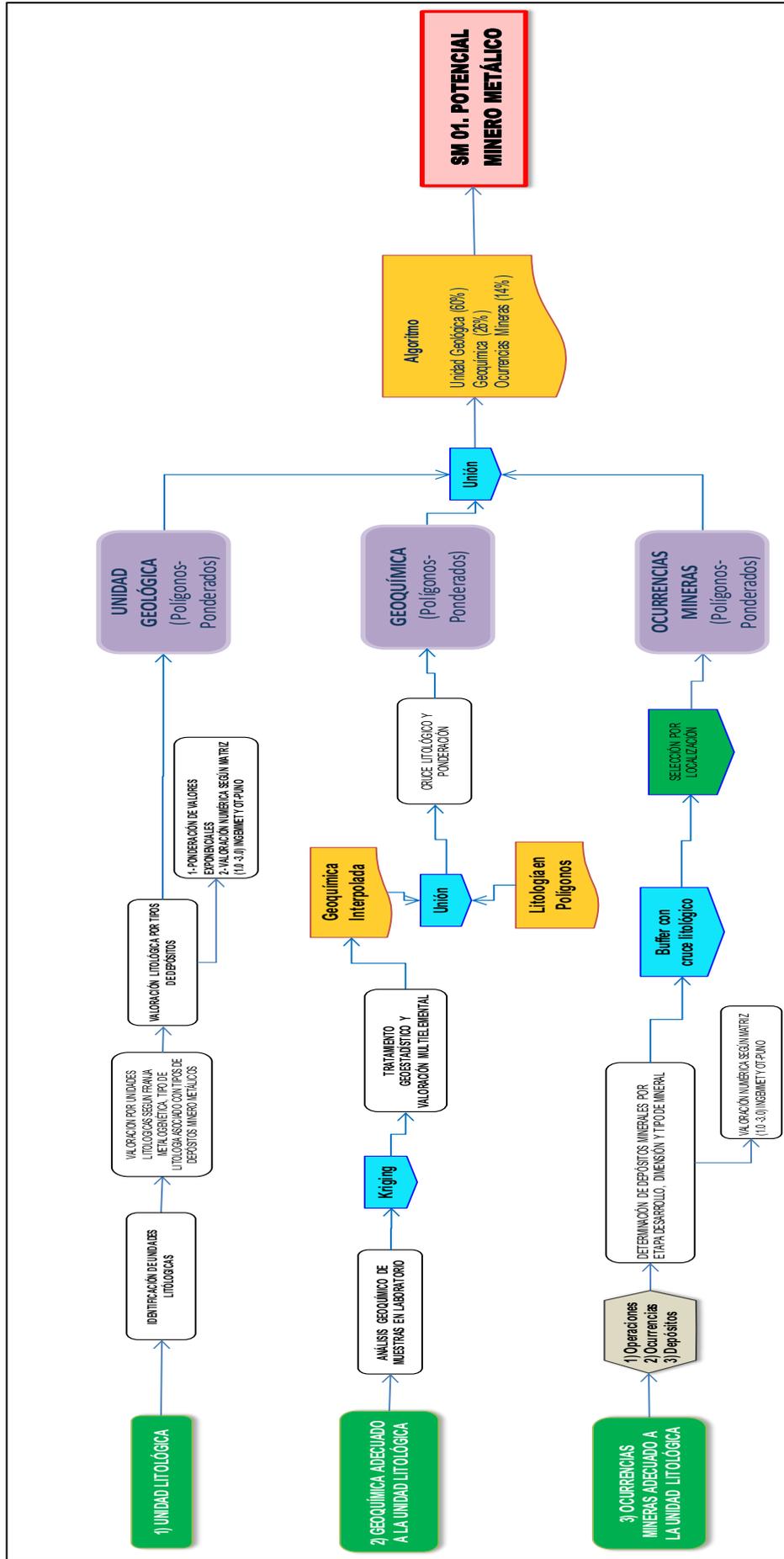


Figura Nro. 79: Construcción del diseño lógico - Flujo SIG para el Sub Modelo del Potencial Minero Metálico.



PONDERACIONES Y DESCRIPCIÓN DE FLUJOS DE LAS VARIABLES PARA EL SUB-MODELO.

Para el desarrollo de los sub modelos finales se requieren un ajuste de pesos para cada variable o insumo de manera que se hace el uso de una matriz de comparaciones pareadas de los insumos, teniendo así un peso respectivo cada variable según criterio de preponderante para el potencial minero.

VARIABLE LITOLÓGICA

Son las unidades litológicas que tienen características favorables para concentrar mineralización (metalotecto). A la vez tienen diferentes contenidos metálicos.

Descripción y ponderación de la variable litológica

Para calificar cualitativamente el potencial geológico minero metálico en el ámbito priorizado se toma como elemento de valoración ponderada a la variable litológica, considerando las condiciones favorables metalogenéticas de cada unidad litológica, que a su vez han presentado labores mineras con contenido metálicos, mediante un análisis del recurso según su uso y llevado esto a una tabla de valoración propuesta por el ZEE-OT en base a INGEMMET y asignándole el peso de mayor valor para esta variable, posteriormente se procede a un análisis espacial por geo-procesamiento de datos más la función de cálculo.

Para definir el proceso de ponderación de esta variable se ha desarrollado la identificación de unidades litológicas en el área de intervención, que consta de las siguientes:



Tabla Nro. 29: *Asignación de valoración a la variable litológica.*

N°	UNIDAD LITOLÓGICA	SIMBOLOGÍA	VALORACIÓN	NIVEL
1	Grupo Tacaza	PN-ta	2.8	Muy alto
2	Intrusivo no denominado	PN-grd	2.5	Alto
3	Formación Chagrapi	SD-ch	2.1	Medio
4	Grupo Moho	Kis-mo	1.8	Medio
5	Deposito Coluvial (1)	Qh-co1	1.7	Bajo
6	Deposito Coluvial (3)	Qh-co3	1.7	Bajo
7	Deposito Fluvial	Qh-fl	1.7	Bajo
8	Deposito Fluvio-Aluvial	Qh-fa	1.7	Bajo
9	Deposito Coluvial (2)	Qh-co2	1.6	Bajo
10	Deposito Coluvial (4)	Qh-co4	1.6	Bajo
11	Formación Ayabacas	Kis-ay	1.6	Bajo
12	Deposito Coluvial (5)	Qh-co5	1.5	Bajo
13	Deposito Coluvial (6)	Qh-co6	1.5	Bajo
14	Formación Muni	JsKi-mu	1.5	Bajo
15	Deposito Coluvial (7)	Qh-co7	1.4	Bajo
16	Deposito Lacustre	Qh-la	1.4	Bajo
17	Deposito Aluvial (4)	Qh-al4	1.3	Muy bajo
18	Deposito Aluvial (3)	Qh-al3	1.2	Muy bajo
19	Deposito Aluvial (1)	Qh-al1	1.1	Muy bajo
20	Deposito Aluvial (2)	Qh-al2	1.1	Muy bajo
21	Actividad antrópica	Actividad antrópica	1	Centro Urbano
22	Laguna	Laguna	1	Laguna
23	Rio	Rio	1	Río



Tabla Nro. 30: *Criterios de valoración: Variable Litológica.*

SUB MODELO	01-RECURSOS NO RENOVABLES POTENCIAL MINERO METALICO
Objetivo	Identificar unidades territoriales con potencial geológico minero metálico para su aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos minerales del ámbito priorizado.
INSUMOS	a) Unidad litológica , b) Geoquímica c) Ocurrencias Mineras.
Criterios	a) Unidad Litológica. -Se considera con mayor valor a tipos de rocas metalotectos (ígneas, sedimentarias y metamórficas), y depósitos no consolidados (placeres de metales preciosos); y con menor valor a las unidades litológicas no metalotectos (baja calidad receptora de metales), Según tabla de valoraciones del INGEMMET y ZEE-OT.
Pesos	Unidad Litológica (60%) +Geoquímica (26%) +Ocurrencias mineras (14%) =100%
Procedimiento de Análisis	Análisis espacial por geo-procesamiento de datos (Función Unión) + fórmula de cálculo (Algoritmo)
Flujo de Proceso de Datos	

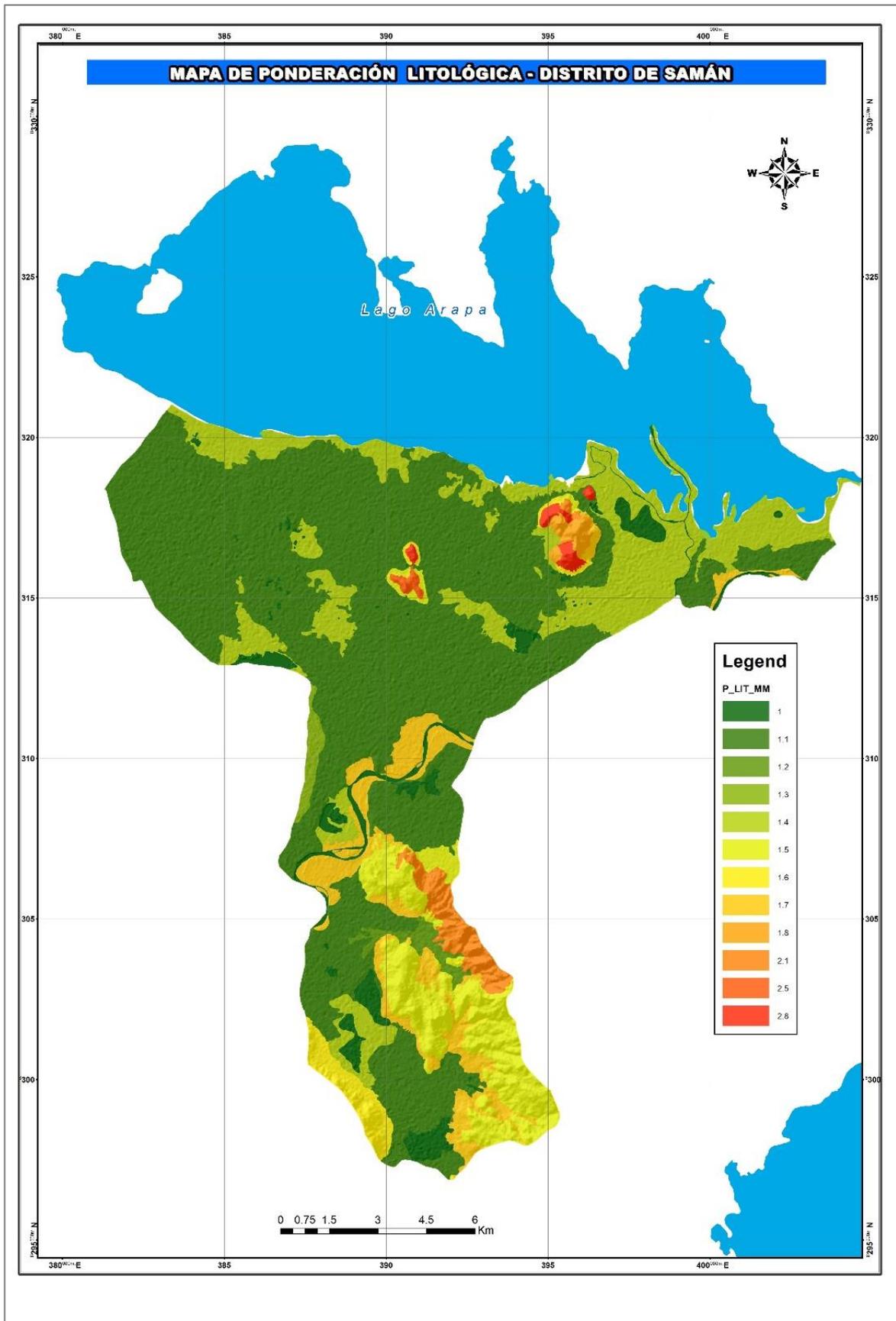


Figura Nro. 80: Mapa ponderativo de la variable litológica.



VARIABLE DE LA GEOQUÍMICA

Se ha realizado el mapa de la variable geoquímica, para una mejor determinación del potencial minero metálico, la cual se ha obtenido mediante muestras de rocas y suelo en el ámbito priorizado, El resultado del mapa con esta variable representa un área de influencia mediante la evaluación geoestadística de muestras que se ha enviado para su análisis de laboratorio.

Descripción y ponderación de la variable geoquímica

El resultado del mapa con esta variable, es una representación temática de una superficie probabilística, que puede ser influenciada por muestras. Se consideró los resultados de los muestreos hechos por el equipo del área de geología de la Micro-ZEE.

El método de interpolación indicado es el Kriging o en todo caso algún otro que contemple algoritmos polinomiales, el cual permita realizar inferencias probabilísticas a partir de información representativa disponible. Este procedimiento se soporta en la naturaleza de la información puntual de cada muestra geoquímica, la cual representa la dispersión geoquímica secundaria de los elementos químicos en una determinada área de influencia.



Tabla Nro. 31: Cuadro de criterios de valoración: Variable Geoquímica.

SUB MODELO	02-RECURSOS NO RENOVABLES POTENCIAL MINERO METALICO
Objetivo	Identificar unidades territoriales con potencial minero metálico para su aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos naturales no renovables del ámbito priorizado.
INSUMOS	a) Unidad litológica, b) Ocurrencias Mineras, c) Geoquímica.
	b) Geoquímica. - Se considera con mayor valor, según valoración multielemental en cuanto a anomalías geoquímicas en base a ajuste geoestadística. Y con menor valor a las áreas que escapan a las anomalías geoquímicas adaptado a tabla de valoración del INGEMMET, y muestras de laboratorio de la ZEE-OT.
Pesos	Unidad Litológica (60%) + Geoquímica (26%) +Ocurrencias mineras (14%) =100%
Procedimiento de Análisis	Análisis espacial por geoprocésamiento de datos (Función Unión) + fórmula de cálculo (Algoritmo)
Flujo de Proceso de Datos	

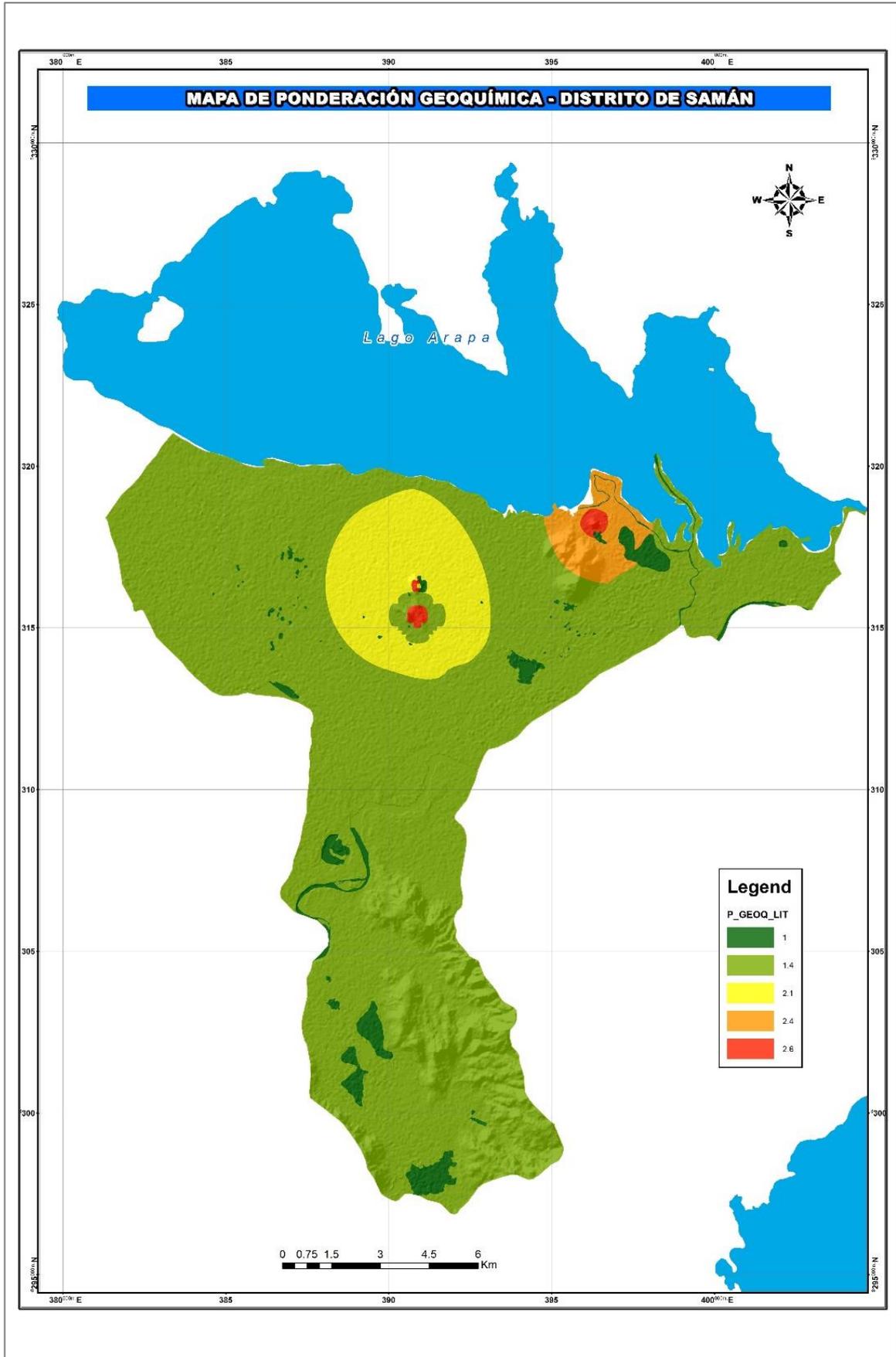


Figura Nro. 81: Mapa ponderativo de la variable geoquímica.

VARIABLE DE LAS OCURRENCIAS MINERAS METÁLICAS.

Descripción y ponderación de la variable ocurrencias mineras

La valoración de las ocurrencias minero metálicas como variable se ha clasificado según el estado de desarrollo de la actividad minera y depósitos identificados. Las ocurrencias mineras metálicas se obtuvieron a partir de las visitas técnicas al ámbito priorizado y estudios realizados de las diferentes instituciones, de acuerdo a esto, la información y la actividad de prospectos para las ocurrencias mineras metálicas son escasas para dicho distrito, por lo que se le asigna un peso según su importancia para la unión y generación del mapa sub modelo para el potencial minero metálico.

De acuerdo a esto, los depósitos cuaternarios aluviales y coluviales que están enmarcadas dentro de la ocurrencia recibe una ponderación de nivel medio a alto y la formación Muni se le ha ponderado nivel bajo.

Tabla Nro. 32: Cuadro de las ocurrencias mineras metálicas.

N°	ELEMENTOS	VALOR	NIVEL
1	Pb, Zn, Cu, Ag	2.4	Alto
2	Pb, Zn, Cu, Ag	2.3	Alto
3	Pb, Zn, Cu, Ag	2.2	Medio
4	Pb, Zn, Cu, Ag	2.2	Medio
5	Pb, Zn, Cu, Ag	2.1	Medio

Fuente: Micro ZEE –OT-Puno

Tabla Nro. 33: Cuadro de criterios de valoración Variable Ocurrencias minero metálicas.

SUB MODELO	02-RECURSOS NO RENOVABLES POTENCIAL MINERO METÁLICO
Objetivo	Identificar unidades territoriales con potencial minero metálico para su aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos naturales no renovables del ámbito priorizado.



<i>SUB MODELO</i>	02-RECURSOS NO RENOVABLES POTENCIAL MINERO METÁLICO
<i>INSUMOS</i>	a) Unidad litológica, b) Geoquímica, c) Ocurrencias Mineras
<i>Criterios</i>	c) Ocurrencias Mineras. - Se considera con mayor valor a las áreas con presencia de minerales metálicos, ya sea metales base o metales preciosos, etc. y con menor valor a las áreas que escapan a las ocurrencias minero metálicas, adaptado a tabla de valoración según ZEE-OT e INGEMMET
<i>Pesos</i>	Unidad Litológica (60%)+Geoquímica (26%)+Ocurrencias mineras (14%)=100%
<i>Procedimiento de Análisis</i>	Análisis espacial por geo-procesamiento de datos (Función Unión) + fórmula de cálculo (Algoritmo)
<i>Flujo de Proceso de Datos</i>	

Mapa ponderativo

En el desarrollo del mapa ponderativo se caracteriza por presentar detalle de las unidades ponderadas con valoraciones del 1 al 3 considerando ponderaciones con precisiones en decimales, según importancia al potencial minero metálico.

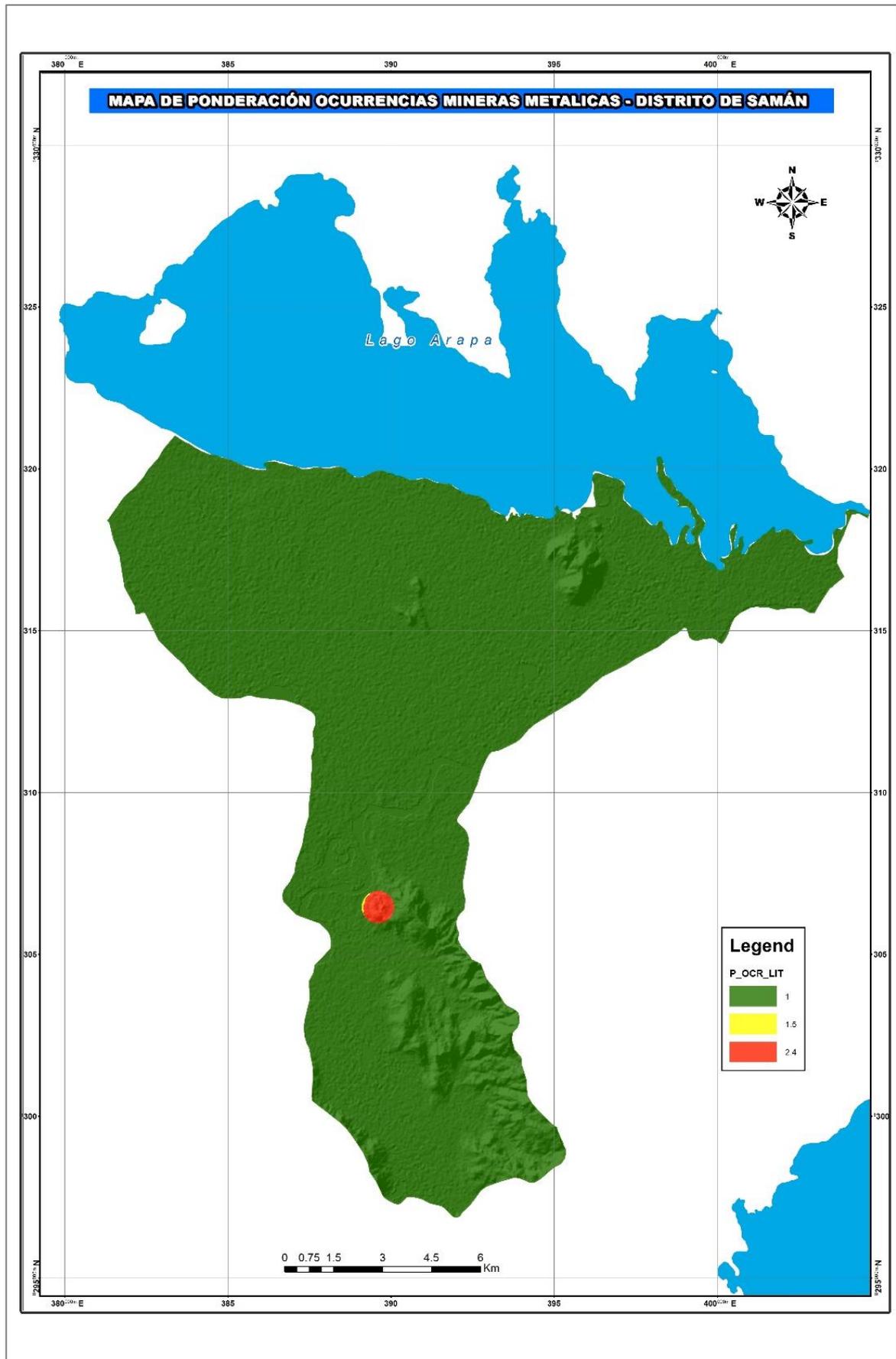


Figura Nro. 82: Mapa ponderativo de la variable ocurrencias mineras.



ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE PESOS DE LAS VARIABLES PARA EL SUB-MODELO.

Para el desarrollo de los sub modelos finales se requieren un ajuste de pesos para cada variable o insumo de manera que se hace el uso de una matriz de comparaciones pareadas de los insumos, teniendo así un peso respectivo para cada variable según criterio de preponderante para el potencial minero.

- **Variable litológica**

Identifica mediante la naturaleza de las formaciones geológicas o unidades litológicas, que tienen las características para concentrar mineralizaciones (metalotecto). A la vez tienen diferentes contenidos metálicos; esta consideración nos permite identificar y relacionar las unidades geológicas con los tipos de depósitos minerales en el área de estudio.

Para definir el proceso de ponderación de esta variable, se han identificado las unidades favorables a la concentración de minerales de acuerdo a la información de boletines, informes que público el INGEMMET.

- **Variable geoquímica**

Se ha realizado el mapa de la variable geoquímica, para una mejor determinación del potencial minero metálico, la cual se ha obtenido mediante muestras de rocas en el ámbito priorizado, El resultado del mapa con esta variable representa un área de influencia mediante la evaluación geoestadística de muestras que se ha enviado para su análisis de laboratorio.

- **Variable ocurrencias minero metálicas**

Se ha elaborado el mapa de las ocurrencias mineras metálicas basado en los antecedentes y visitas técnicas al área de intervención, de acuerdo a esto se ha realizado un buffer de 500 metros con ajuste a la variable litológica, esto para dar mayor detalle en el área de influencia.

Tabla Nro. 34: *Matriz de datos pareados.*

PARAMETRO	Litología	Geoquímica	Ocurrencias mineras
Litología	1.00	2.08°	5.00
Geoquímica	0.48	1.00	1.43
Ocurrencias mineras	0.20	0.70	1.00
SUMA	1.68	3.78	7.43
1/SUMA	0.60	0.26	0.13

Tabla Nro. 35: *Matriz de normalización.*

PARAMETRO	Litología	Geoquímica	Ocurrencias mineras	Vector Priorización
Litología	0.595	0.551	0.673	0.606
Geoquímica	0.286	0.264	0.192	0.247
Ocurrencias mineras	0.119	0.185	0.135	0.146
				1.000



Tabla Nro. 36: *Explicación desarrollada de la matriz pareada.*

Porcentaje (%)	Pesos redondeados	VARIABLES	pesos decimales
60.633	60	Litología	0.6
24.745	26	Geoquímica	0.26
14.623	14	Ocurrencias mineras	0.14
100.00	100.00		1.00

ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DEL SUB MODELO

Realizado el proceso de los mapas temáticos ya mencionados se procede a realizar la unión de todas las variables para la obtención del sub modelo final del potencial minero metálico del ámbito priorizado, la cual de acuerdo a su valoración se califica en los cinco niveles ponderativos que representaran su importancia minero metálico.

Los resultados de este sub modelo son a base de una evaluación de la información superficial, de acuerdo a esto se complementarían con estudios que puedan realizar en el futuro, estudios como la geofísica, perforaciones diamantinas y otros que puedan generar mayor certeza.

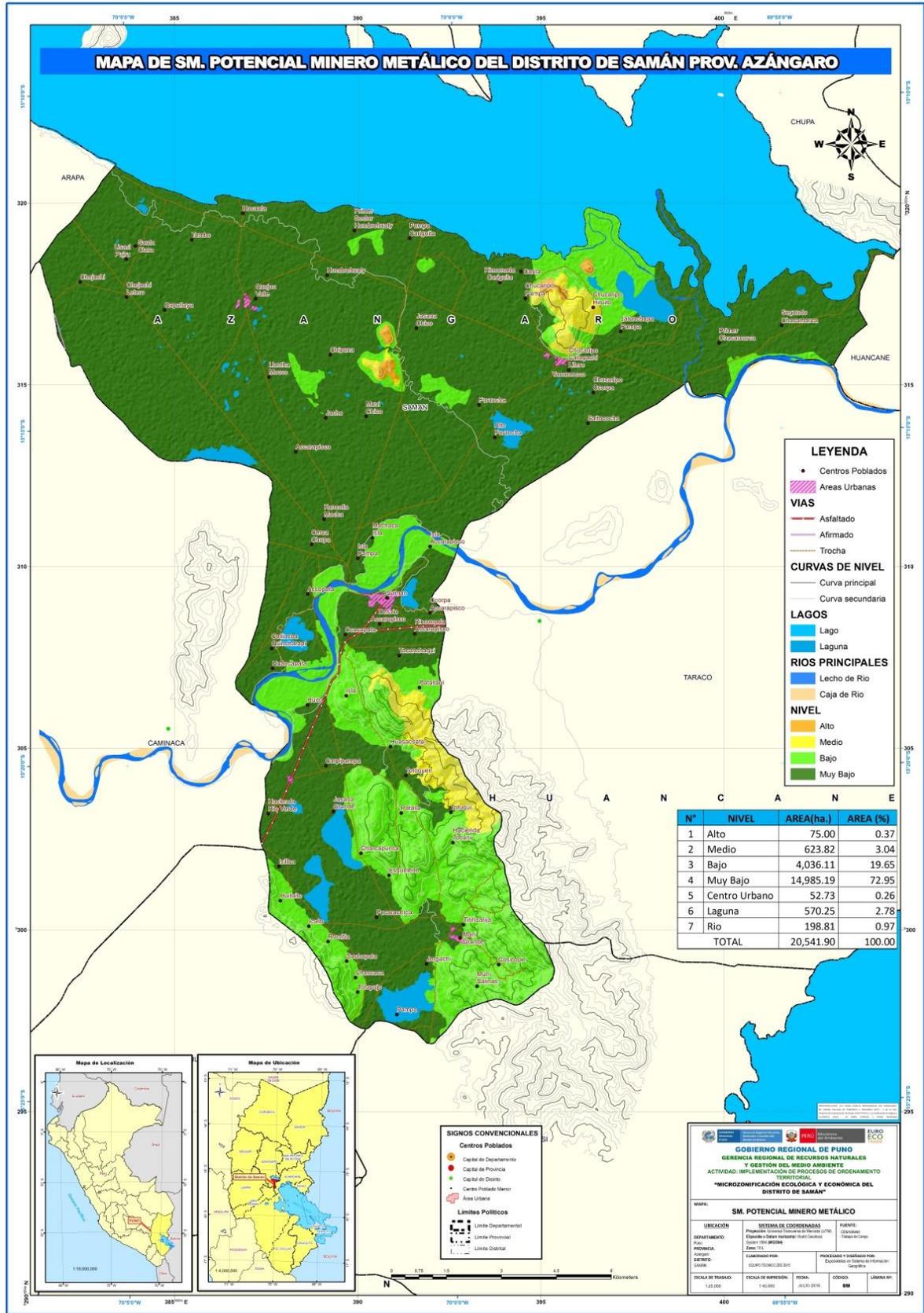


Figura Nro. 83: Mapa del sub modelo de recursos naturales no renovables minero metálico.

El SMPMM tiene por finalidad determinar sectores del distrito en cuanto al potencial minero metálico, aquí se caracterizaron y analizaron espacialmente, variables geológicas muy importantes que tienen relación con mineralización de elementos metálicos, como son: Unidad litológica, ocurrencias minero metálicas y la geoquímica, de acuerdo a esto resaltaron las unidades litológicas del Grupo Tacaza y el intrusivo granodiorítico en el área de intervención.

Tabla Nro. 37: Valoraciones del sub modelo auxiliar potencial minero metálico.

Nivel	Extensión superficial en (ha)	Área en (%)
Alto	75.00	0.37%
Medio	623.82	3.04%
Bajo	4036.11	19.65%
Muy Bajo	14985.19	72.95%
Centro Urbano	52.73	0.26%
Laguna	570.25	2.78%
Rio	198.81	0.97%
TOTAL	20541.90	100.00%

Fuente: Micro ZEE –OT-Puno

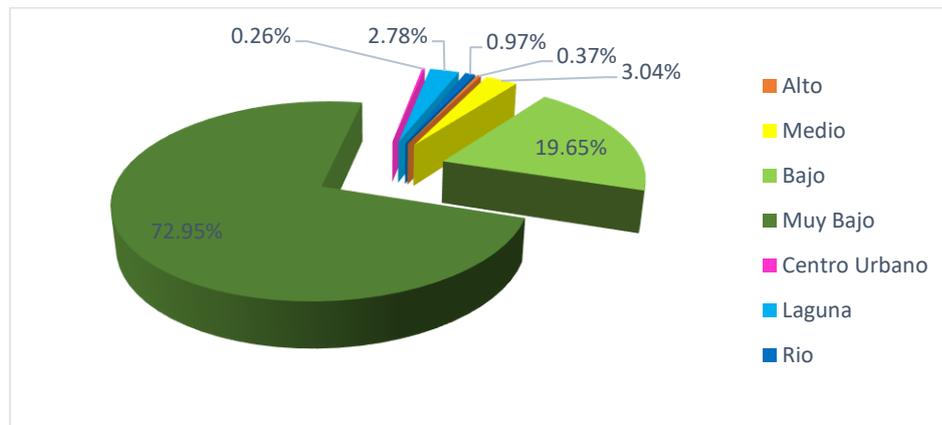


Figura Nro. 84: Extensión superficial del Sub Modelo Auxiliar Potencial Minero Metálico.

Fuente: Micro ZEE –OT-Puno

5.3.1.2 POTENCIAL MINERO NO METÁLICO

OBTENCIÓN DEL SUB MODELO

El sub modelo de recursos naturales no renovables para el potencial minero no metálico, tiene por finalidad determinar sectores en el distrito de Samán, identificar en cuanto a la posible presencia de depósitos con interés para el potencial no minero metálico.

Para la obtención del sub modelo del potencial minero no metálico se identificaron previamente tres (03) insumos básicos y de gran relevancia como la variable de litología, las ocurrencias y depósitos mineros no metálicos, y la variable de las concesiones mineras; cada una de estas variables han sido ponderadas según criterio geológico – minero para su interés económico.

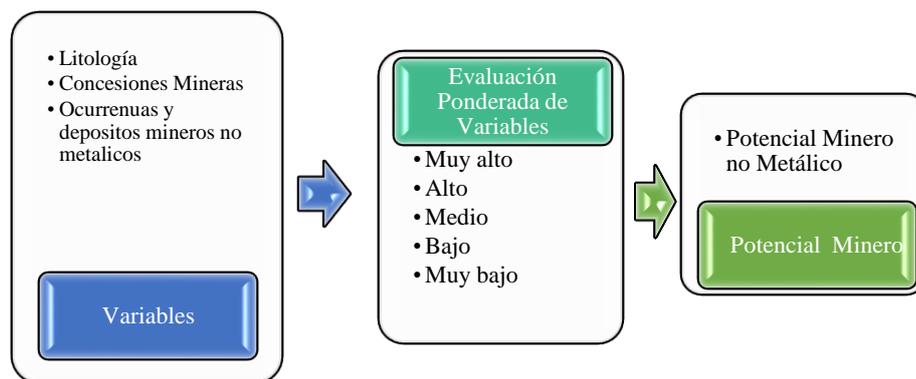


Figura Nro. 85: Variables temáticas que conformara el Sub modelo del potencial minero no metálico.

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno. En base al INGEMMET

Construcción del diseño lógico del sub modelo

Para la construcción del sub modelo cartográfico de potenciales mineros no metálicos, se realizó como base un diseño lógico para el sub modelo, el que sistematiza y distribuye según criterios de valor en pesos según importancia de cada variable o insumo, resultando así la determinación del potencial minero no metálico.

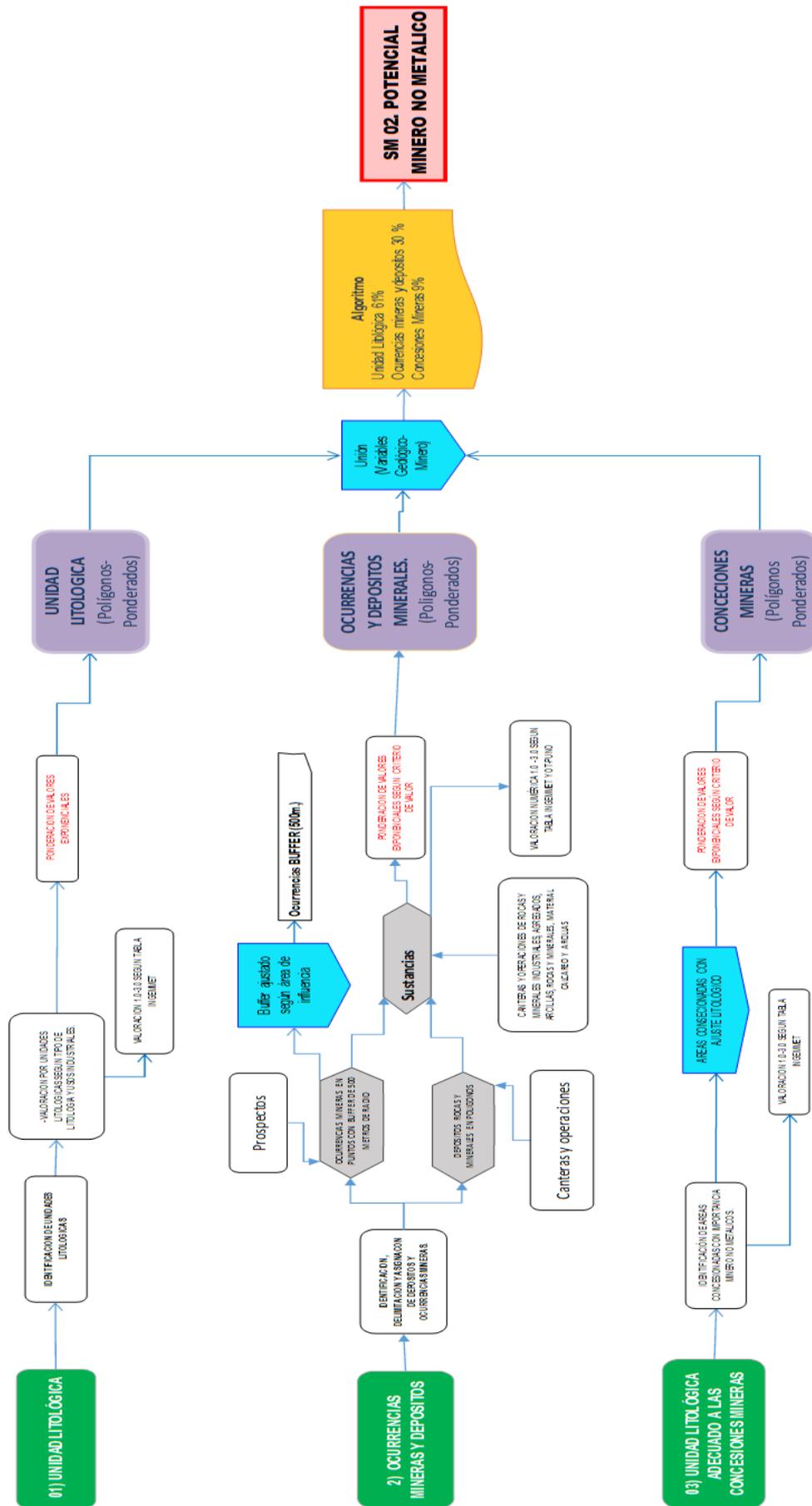


Figura Nro. 86: Construcción del diseño lógico - Flujo SIG para el Sub Modelo del Potencial Minero No Metálico.

PONDERACIONES Y DESCRIPCIÓN DE FLUJOS DE LAS VARIABLES PARA EL SUB-MODELO

VARIABLE LITOLÓGICA

En esta variable se representa cartográficamente a las unidades litológicas ígneas, sedimentarias y metamórficas, que afloran en el distrito de Samán, que tienen relevancia en los aspectos del potencial minero no metálico, las mismas que fueron ponderadas de acuerdo a la tabla de atributos de cada unidad litológica.

Descripción y ponderación de la variable litológica

Para calificar cualitativamente el potencial geológico minero no metálico en el distrito de Samán se toma como elemento de valoración ponderada a la variable litológica, considerando la clasificación según el interés del tipo de roca y uso industrial; la calidad del material para su uso industrial, está referida mediante una tabla de valoración propuesta por el INGEMMET y la ZEE-OT; asignándole un peso de mayor rango por ser de gran interés para la valoración total general, luego se procede a un análisis espacial por geo-procesamiento.

Tabla Nro. 38: Ponderación litológica.

N°	UNIDAD LITOLÓGICA	SIMBOLOGÍA	VALORACIÓN	NIVEL
1	Deposito Fluvial	Qh-fl	3	Muy alto
2	Deposito Fluvio-Aluvial	Qh-fa	3	Muy alto
3	Formación Ayabacas	Kis-ay	2.9	Muy alto
4	Grupo Tacaza	PN-ta	2.9	Muy alto
5	Formación Muni	JsKi-mu	2.8	Muy alto
6	Grupo Moho	Kis-mo	2.7	Muy alto
7	Intrusivo no denominado	PN-grd	2.7	Muy alto
8	Deposito Aluvial (2)	Qh-al2	2.6	Alto



N°	UNIDAD LITOLÓGICA	SIMBOLOGÍA	VALORACIÓN	NIVEL
9	Deposito Aluvial (3)	Qh-al3	2.5	Alto
10	Deposito Lacustre	Qh-la	2.3	Alto
11	Deposito Aluvial (1)	Qh-al1	1.7	Bajo
12	Deposito Aluvial (4)	Qh-al4	1.7	Bajo
13	Deposito Coluvial (1)	Qh-co1	1.7	Bajo
14	Deposito Coluvial (2)	Qh-co2	1.7	Bajo
15	Deposito Coluvial (4)	Qh-co4	1.7	Bajo
16	Deposito Coluvial (5)	Qh-co5	1.7	Bajo
17	Deposito Coluvial (7)	Qh-co7	1.7	Bajo
18	Formación Chagrapi	SD-ch	1.7	Bajo
19	Deposito Coluvial (3)	Qh-co3	1.6	Bajo
20	Deposito Coluvial (6)	Qh-co6	1.6	Bajo
21	Laguna	Laguna	1	Laguna
22	Rio	Rio	1	Río
23	Actividad antrópica	Actividad antrópica	1	Centro Urbano

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.



Tabla Nro. 39: Cuadro de criterios de valoración Variable Litológica.

SUB MODELO	03-RECURSOS NO RENOVABLES POTENCIAL MINERO NO METALICO
Objetivo	Identificar unidades territoriales con potencial minero no metálico para su aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos minerales del distrito de Samán.
Datos Requeridos (insumos)	a) Unidad litológica , b) Depósitos de rocas y minerales, c) Ocurrencias mineras, c) Concesiones mineras.
Criterio	a) Unidad litológica. - Se considera con mayor valor a tipos de rocas ornamentales (ígneas, sedimentarias y metamórficas), y depósitos no consolidados según su calidad para uso industrial (arenas, gravas y arcillas); y con menor valor a las unidades litológicas con menor importancia para usos industriales (rocas y cuaternarios de baja calidad de uso), Según tabla de valoraciones del INGEMMET y ZEE-OT.
Distribución de Pesos	Unidad litológica (61%) + Ocurrencias Mineras y Depósitos de rocas y minerales (30%) + Concesiones mineras (9%) =100
Procedimiento de Análisis	Análisis espacial por geoprocésamiento de datos (Función Unión) + fórmula de cálculo (Algoritmo)
Flujo de Proceso de Datos	

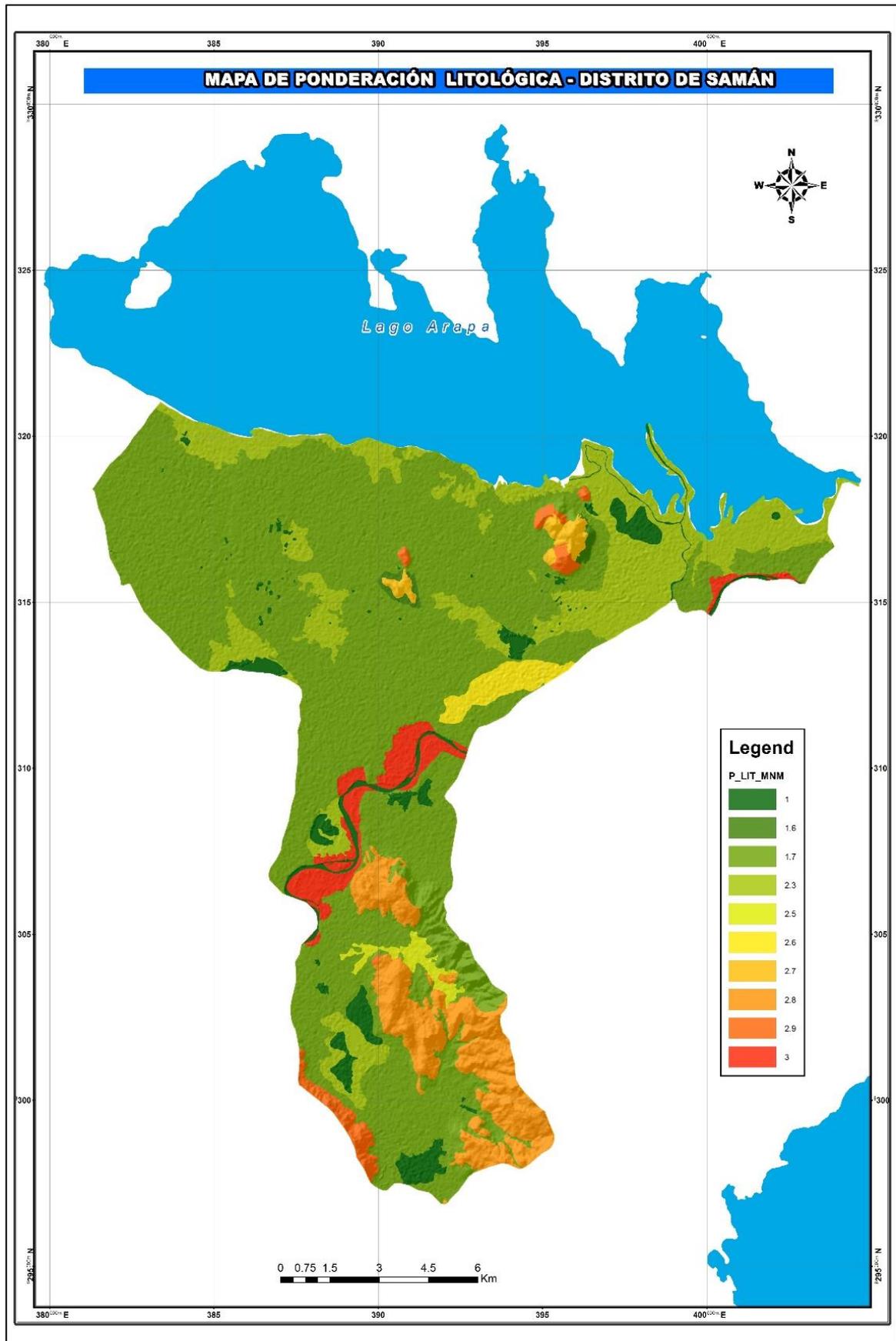


Figura Nro. 87: Mapa ponderativo de la variable litológica.



VARIABLE OCURRENCIAS MINERAS Y DEPÓSITOS MINEROS NO METÁLICOS.

Descripción y ponderación de la variable de depósitos de rocas y minerales

Para definir el proceso de ponderación de esta variable, primeramente, se ha desarrollado la identificación de unidades de depósitos de rocas y minerales en el área de intervención, que consta de las siguientes:

Tabla Nro. 40. Cuadro de ponderación de ocurrencias y depósitos de rocas y minerales.

Nro.	SUSTANCIA	NIVEL	VALOR
1	Andesita	Muy alto	3
2	Arenas y limos	Muy alto	3
3	Caliza	Muy alto	3
4	Gravas y arenas	Muy alto	3
5	Gravas y limos	Muy alto	3
6	Yeso	Muy alto	3
7	Caliza	Muy alto	2.9
8	Gravas y limos	Muy alto	2.9
9	Sales, sulfatos	Muy alto	2.9
10	Sales, sulfatos	Muy alto	2.8
11	Andesita	Muy alto	2.7
12	Sales, sulfatos	Muy alto	2.7
13	Andesita	Alto	2.6
14	Intrusivo	Alto	2.6
15	Andesita	Alto	2.5
16	Arenas y limos	Alto	2.5
17	Área de intervención	medio	2.1

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

Tabla Nro. 41: Cuadro de criterios de valoración Ocurrencias Mineras.

SUB MODELO	03-RECURSOS NO RENOVABLES POTENCIAL MINERO NO METALICO
Objetivo	Identificar unidades territoriales con potencial minero no metálico para su aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos minerales del distrito de Samán.
Datos Requeridos (insumos)	a) Unidad litológica, b) Depósitos de rocas y minerales y Ocurrencias mineras , c) Concesiones mineras.
Criterio	b) Depósitos de rocas y minerales. - Se considera con mayor valor a áreas con presencia de canteras y operaciones mineras no metálicas, como: agregados, yeso, arcilla, cal, rocas ornamentales, etc. y valores bajos a zonas sin presencia de operaciones y canteras; esto adaptado a tabla de valoración según ZEE-OT e INGEMMET.
Distribución de Pesos	Unidad litológica (61%) + Ocurrencias Mineras y Depósitos de rocas y minerales (30%) + Concesiones mineras (9%) =100
Procedimiento de Análisis	Análisis espacial por geoprocésamiento de datos (Función Unión) + fórmula de cálculo (Algoritmo)
Flujo de Proceso de Datos	

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

Mapa ponderativo

En el desarrollo del mapa ponderativo se caracteriza por presentar detalle de las unidades ponderadas con valoraciones del 1 al 3 considerando ponderaciones con precisiones en decimales, según importancia al potencial minero no metálico.

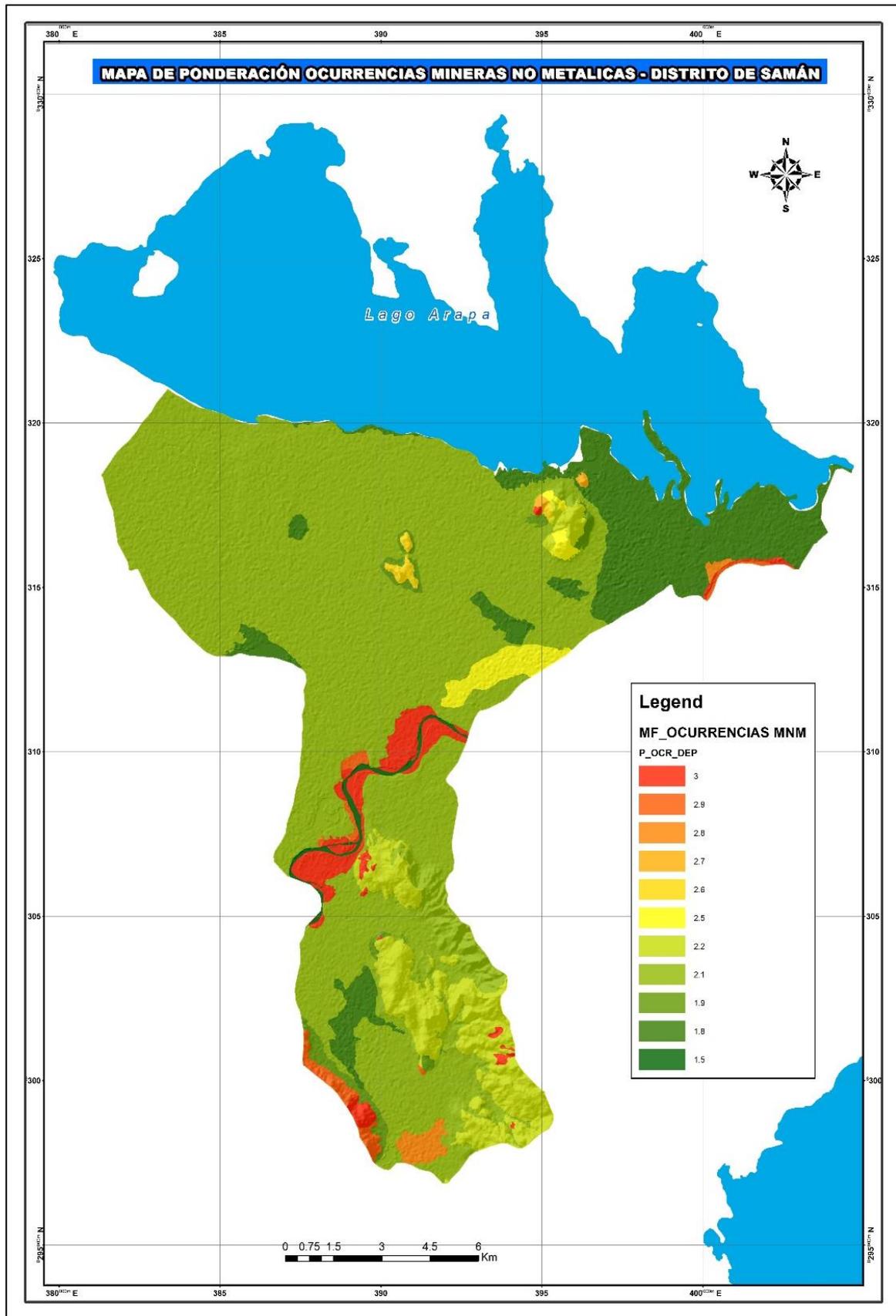


Figura Nro. 88: Mapa ponderativo de la variable Ocurrencias Minero no Metálicas.

VARIABLE DE CONCESIONES MINERAS

Para determinar el potencial de la variable denominada de concesiones mineras no metálicas, se cruzó esta información con la capa de la variable litológica, aquí se consideró aquellas concesiones que están ligadas a unidades litológicas donde alberga los depósitos no metálicos, con sus respectivas ponderaciones

Tabla Nro. 42: Cuadro de ponderación Concesiones Mineras.

N°	NOMBRE	TITULAR	VALORACIÓN
1	MINERA LOS ANDES PC PT	S.M.R.L. MINERA LOS ANDES PC PT	3
2	CALCESUR SAMAN I	CAL & CEMENTO SUR S.A.	3
3	HOLLYWOOD I 2015	YURA S.A.	3
4	MINERA LOS ANDES PC PT	S.M.R.L. MINERA LOS ANDES PC PT	2.7
5	PEÑA BLANCA N° 4	CONSTANZA SILVIA CAYAPALO OLIN	2.7
6	PEÑA BLANCA N° 4	CONSTANZA SILVIA CAYAPALO OLIN	2.7
7	PEÑA BLANCA N° 3	CONSTANZA SILVIA CAYAPALO OLIN	2.7
8	LOS GERANIOS DE MUÑI GRANDE	S.M.R.L. LOS GERANIOS DE MUÑI GRANDE	2.7
9	GENESIS I	JORGE LUIS NAIRA ROQUE	2.7
10	BENJAMIN 2006	MINERA TICOMPANI SUMIRIANI S.R.L.	2.7
11	PALOMA BLANCA N° 4	MAGDA CRISTINA URQUIZO CAYAPALO DE ACUÑA	2.7
12	PEÑA BLANCA	CONSTANZA SILVIA CAYAPALO OLIN	2.7
13	PEÑA BLANCA	CONSTANZA SILVIA CAYAPALO OLIN	2.7
14	MARIANO MAGDALENO CUATRO	FELICIA MARGARITA LOPEZ ILIQUIN	2.7
15	MINERA LOS ANDES PC PT	S.M.R.L. MINERA LOS ANDES PC PT	2.1
16	CALCESUR SAMAN I	CAL & CEMENTO SUR S.A.	2.1
17	PEÑA BLANCA N° 4	CONSTANZA SILVIA CAYAPALO OLIN	2.1
18	PEÑA BLANCA N° 3	CONSTANZA SILVIA CAYAPALO OLIN	2.1
19	HOLLYWOOD I 2015	YURA S.A.	2.1
20	LOS GERANIOS DE MUÑI GRANDE	S.M.R.L. LOS GERANIOS DE MUÑI GRANDE	2.1
21	GENESIS I	JORGE LUIS NAIRA ROQUE	2.1
22	BENJAMIN 2006	MINERA TICOMPANI SUMIRIANI S.R.L.	2.1
23	PALOMA BLANCA N° 4	MAGDA CRISTINA URQUIZO CAYAPALO DE ACUÑA	2.1
24	PEÑA BLANCA	CONSTANZA SILVIA CAYAPALO OLIN	2.1
25	MARIANO MAGDALENO CUATRO	FELICIA MARGARITA LOPEZ ILIQUIN	2.1
26	PALOMA BLANCA N° 4	MAGDA CRISTINA URQUIZO CAYAPALO DE ACUÑA	2
27	MINERA LOS ANDES PC PT	S.M.R.L. MINERA LOS ANDES PC PT	1.4

N°	NOMBRE	TITULAR	VALORACIÓN
28	MINERA LOS ANDES PC PT	S.M.R.L. MINERA LOS ANDES PC PT	1.4
29	MINERA LOS ANDES PC PT	S.M.R.L. MINERA LOS ANDES PC PT	1.4
30	CALCESUR SAMAN I	CAL & CEMENTO SUR S.A.	1.4
31	BENJAMIN 2003	S.M.R.L. BENJAMIN 2003	1.4
32	BENJAMIN 2003	S.M.R.L. BENJAMIN 2003	1.4
33	PEÑA BLANCA N° 3	CONSTANZA SILVIA CAYAPALO OLIN	1.4
34	HOLLYWOOD I 2015	YURA S.A.	1.4
35	HOLLYWOOD I 2015	YURA S.A.	1.4
36	PEÑA BLANCA	CONSTANZA SILVIA CAYAPALO OLIN	1.4
37	MARIANO MAGDALENO CUATRO	FELICIA MARGARITA LOPEZ ILIQUIN	1.4
38	AREA DE INTERVENCION	AREA INTERVENCION	1

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

Tabla Nro. 43: Cuadro de criterios de valoración, variable Concesiones mineras.

SUB MODELO	03-RECURSOS NO RENOVABLES POTENCIAL MINERO NO METALICO
Objetivo	Identificar unidades territoriales con potencial minero no metálico para su aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos minerales del distrito de Samán.
Datos Requeridos (insumos)	a) Unidad litológica, b) Depósitos y ocurrencias de rocas y minerales, c) Concesiones mineras.
Criterio	c) Concesiones mineras. - Se considera con mayor valor a las concesiones minero no metálicas productivas, áreas con grandes probabilidades de presencia de elementos y sustancias no metálicas; y con valor medio a bajos a las áreas que escapan de las concesiones minero no metálicas debido a su importancia y su interés probable de ser concesionadas, que presenten otras sustancias, adaptado a tabla de valoración según ZEE-OT e INGEMMET.
Distribución de Pesos	Unidad litológica (61%) + Ocurrencias Mineras y Depósitos de rocas y minerales (30%) + Concesiones mineras (9%) =100
Procedimiento de Análisis	Análisis espacial por geoprocésamiento de datos (Función Unión) + fórmula de cálculo (Algoritmo)
Flujo de Proceso de Datos	

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

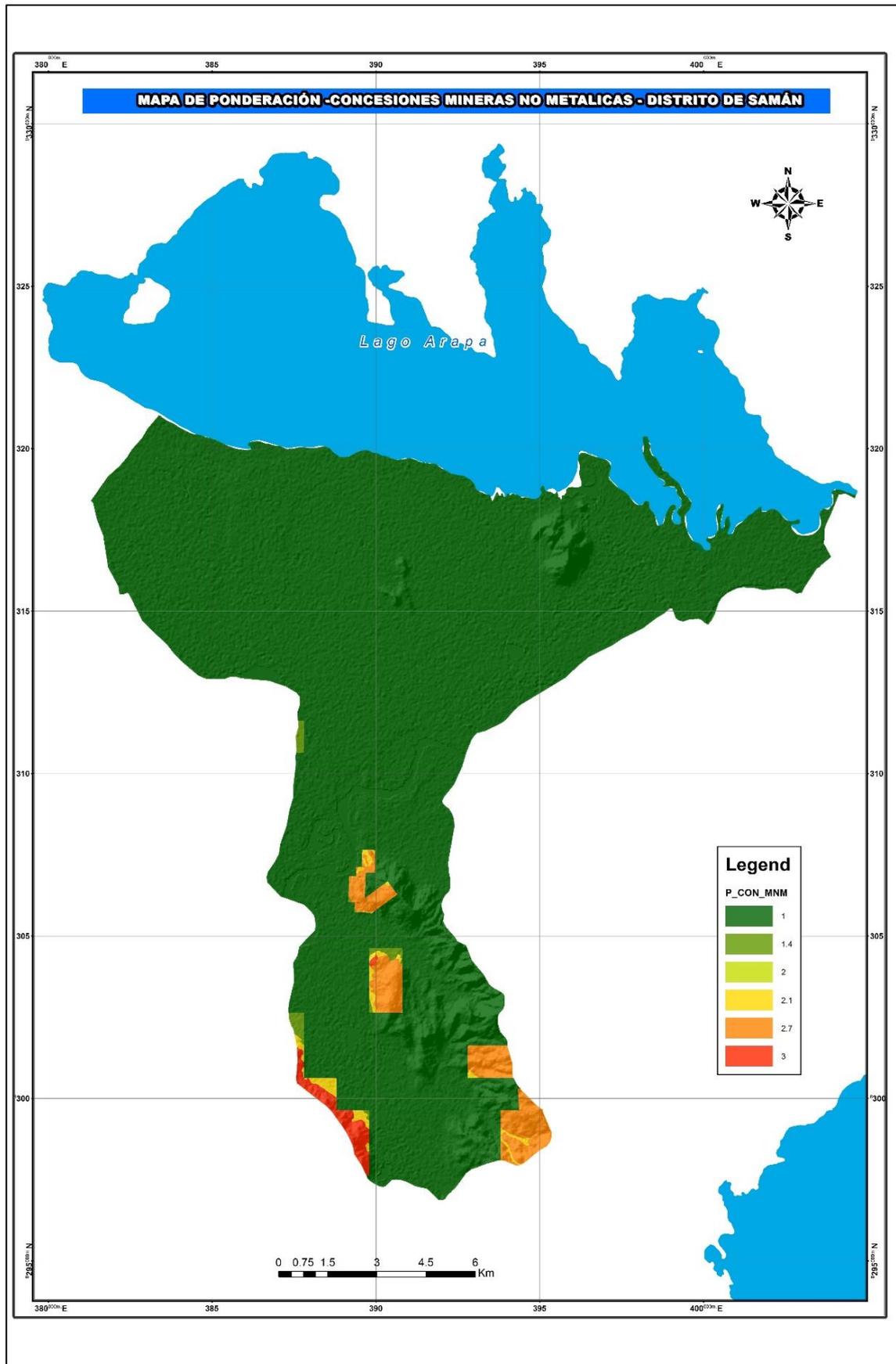


Figura Nro. 89: Mapa ponderativo de la variable Concesiones Minero no metálicas.



ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE PESOS DE LAS VARIABLES PARA EL SUB-MODELO

Para el desarrollo de los sub modelos finales se requieren un ajuste de pesos para cada variable o insumo de manera que se hace el uso de una matriz de comparaciones pareadas de los insumos, teniendo así un peso respectivo cada variable según criterio de preponderante para el potencial minero no metálico.

Variable litológica

Para calificar cualitativamente el potencial geológico minero no metálico en el distrito de Samán se toma como elemento de valoración ponderada a la variable litológica, considerando la clasificación del tipo de roca y uso industrial; mediante un análisis del recurso según su uso y llevado esto a una tabla de valoración propuesta por la ZEE-OT-Puno en base a INGEMMET, luego se procede a un análisis espacial por geoprocesamiento de datos mediante la función de cálculo de algoritmos.

Variable ocurrencias y depósitos

Esta variable está relacionada a las sustancias de las formaciones geológicas que están en proceso de explotación o que se hayan explotado en el pasado y las cuales tienen una gran extensión en el área de 19.51%. Dichas sustancias son materia prima de los productos para construcción como: yeso, material agregado, calizas, arcillas.

Para calificar cualitativamente el potencial geológico minero no metálico en el distrito de Samán se toma como elemento de valoración ponderada, a la variable de depósitos de rocas y minerales, considerando la clasificación del tipo de depósito según su importancia, calidad del material y uso industrial; mediante el análisis del recurso natural según su uso y llevado esto a una tabla de valoración propuesta por el ZEE-OT en



base a INGEMMET y asignándole un peso adecuado a la valoración total general, luego se procede a un análisis espacial por geoprocésamiento.

Variable concesiones mineras

Se le asignan pesos de las áreas con concesiones de acuerdo al estado que se encuentran (concesiones tituladas, concesiones en trámite, derechos mineros extinguidos y otros), se tomó las concesiones tituladas las cuales fueron comparadas con los litotectos que tienen altas potencialidades de mineralización no metálica existentes en la región y posteriormente se ponderaron.

Se toma como elemento de valoración ponderada, a la variable de concesiones mineras, considerando el estado de la concesión según su productividad, activo, inactiva e importancia; mediante el análisis geológico minero del recurso natural según su uso y llevado esto a una tabla de valoración propuesta por el ZEE-OT en base a INGEMMET y asignándole un peso menor a la valoración total general, luego se procede a un análisis espacial por geoprocésamiento.

Tabla Nro. 44: *Matriz de datos pareados.*

PARAMETRO	Litología	Ocurrencias y depósitos mineros	Concesiones Mineras
Litología	1.00	2.22	5.00
Ocurrencias y depósitos mineros	0.45	1.00	6.67
Concesiones Mineras	0.20	0.15	1.00
SUMA	1.65	3.37	12.67
1/SUMA	0.61	0.30	0.08

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

Tabla Nro. 45: *Matriz de normalización.*

PARAMETRO	Litología	Ocurrencias y depósitos mineros	Concesiones Mineras	Vector Priorización
Litología	0.606	0.659	0.395	0.553
Ocurrencias y depósitos mineros	0.273	0.297	0.526	0.365
Concesiones Mineras	0.121	0.044	0.079	0.082
				1.000

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

Tabla Nro. 46. *Explicación desarrollada de cada variable.*

Porcentaje (%)	Pesos redondeados	Variables	pesos decimales
55.326	61	Litología	0.61
36.519	30	Ocurrencias y depósitos mineros	0.3
8.155	9	Concesiones Mineras	0.09
100.000	100.000		1.000

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DEL SUB MODELO

En este capítulo se analizan los resultados del sub modelo del recurso no renovable, en función a cada componente y se interpreta el sub modelo en base a las áreas o polígonos que muestran el potencial de los recursos no renovables muy alto y alto referidos a la totalidad del área de distrito de Samán.

El Sub modelo de recursos naturales no renovables del potencial minero no metálico del área de intervención cuenta con un 4.51% del total con un potencial minero no metálico en la categoría de nivel muy alto representado por sustancias de gran

importancia en la construcción civil como el material agregado de gravas y arenas de edad del cuaternarios de tipo fluvial y fluvio-aluvial que se distribuyen a lo largo del río Ramís en el área de intervención. Seguidamente se tiene a las rocas calcáreas de la formación geológica Ayabacas con gran importancia en la industria el cemento, esta se distribuye entre el límite del área de intervención con el distrito de Juliaca. De la misma manera la formación Muni alberga un potencial muy alto para el yeso, se encuentra distribuidas con gran preponderancia entre las comunidades campesinas de Jasana Grande y Muni Grande.

En la categoría de nivel alto se tiene un 10.37% del total, este potencial está constituido para material agregado y yeso, seguidamente con un potencial medio de 77.42% constituido de materiales geológicos de formación reciente de tipo aluvial, de la misma manera para el nivel bajo se tiene un 3.33% y finalmente para el nivel muy bajo esta absuelto por las unidades comunes como zonas urbanas, lagos y lagunas.

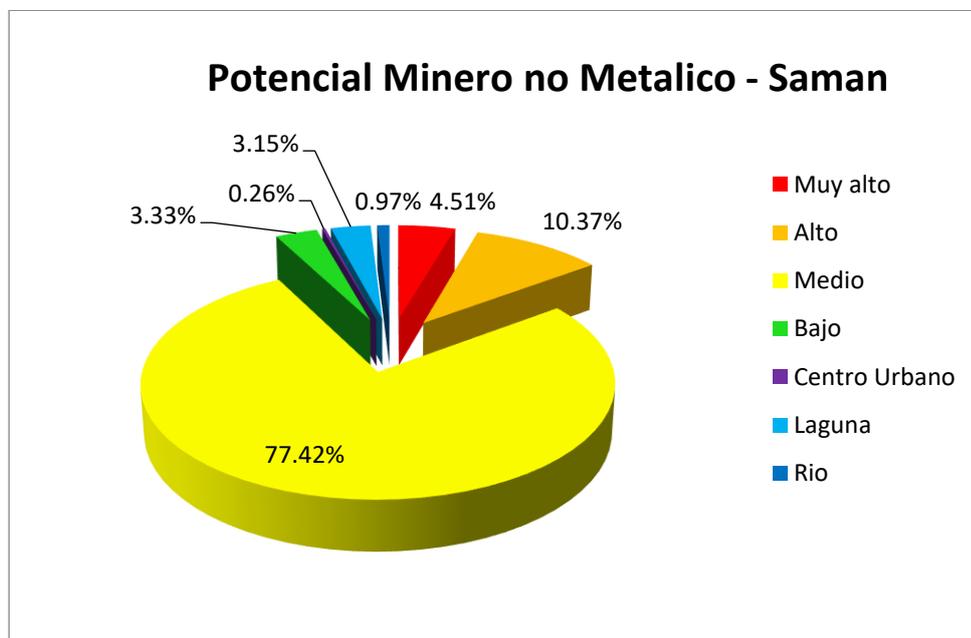


Figura Nro. 90: Torta estadística de distribución porcentual del potencial minero no metálico.

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.



Tabla Nro. 47. Cuadro de porcentajes de niveles del potencial minero no metálico.

NIVEL	Extensión Superficial en (ha)	Área en (%)
Muy alto	926.36	4.51%
Alto	2130.88	10.37%
Medio	15903.57	77.42%
Bajo	683.03	3.33%
Centro Urbano	52.73	0.26%
Laguna	646.52	3.15%
Rio	198.81	0.97%
TOTAL	20541.90	100%

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

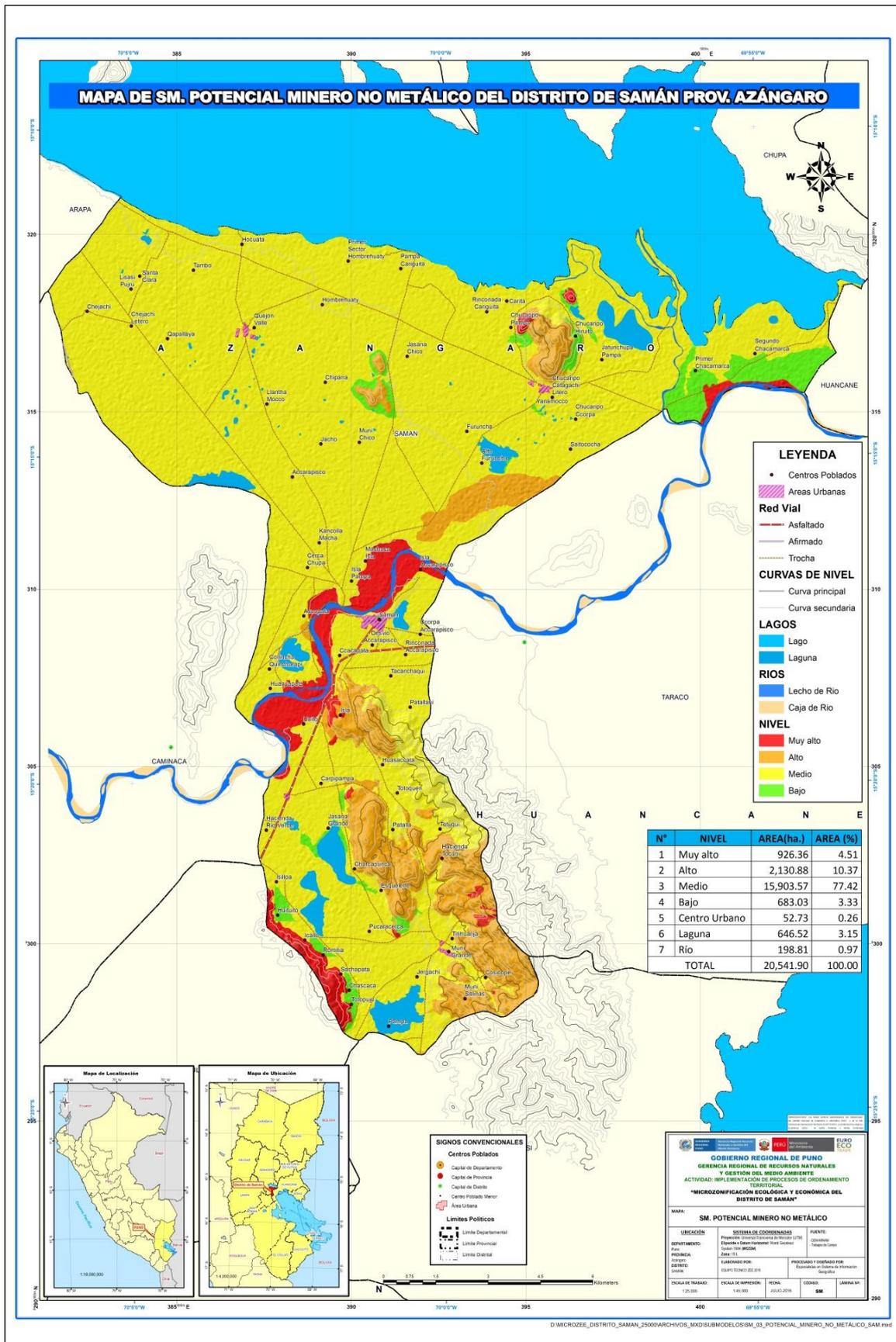


Figura Nro. 91: Mapa: Sub-modelo de Potencial Minero no Metálico – Distrito de Samán.

5.3.2 AGRICULTURA

5.3.2.1 POTENCIAL AGRÍCOLA

PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DEL SUB MODELO

Para la obtención del sub modelo de Potencial Agrícola enfocado en la Quinua, ya que fue el principal cereal de importancia que se tomó. Se identificaron previamente cuatro (04) insumos básicos y de gran relevancia como la variable de litología, Geoquímica, Suelos y CUM; cada una de estas variables han sido ponderadas según criterio geológico – minero para su aprovechamiento económico.

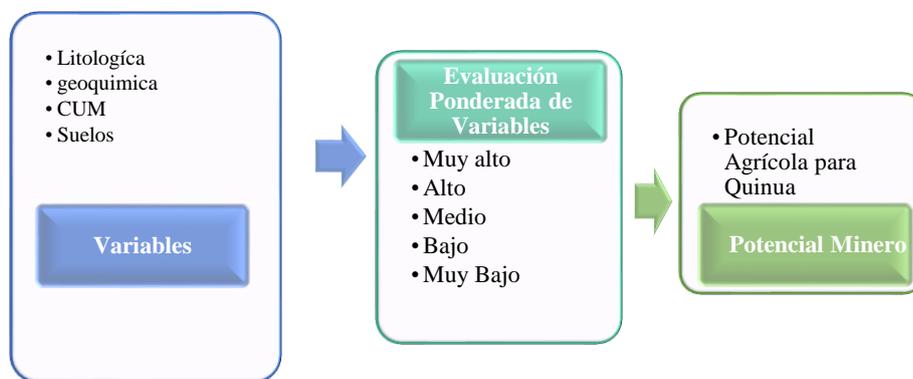


Figura Nro. 92: *Identificación y ponderación de las variables para calcular el Potencial Agrícola para Quinua en el ámbito priorizado.*

Para el desarrollo de los sub modelos finales se requieren un ajuste de pesos para cada variable o insumo de manera que se hace el uso de una matriz de comparaciones pareadas de los insumos, teniendo así un peso respectivo cada variable según criterio de preponderante para el Potencial Agrícola enfocado en la Quinua.

Construcción del diseño lógico del sub modelo

Para la construcción del sub modelo cartográfico de Potencial Agrícola enfocado en la Quinua, se realizó como base un diseño lógico para el sub modelo, el que sistematiza y distribuye según criterios de valor en pesos según importancia de cada variable o insumo, resultando así la determinación del Potencial Agrícola enfocado en la Quinua.

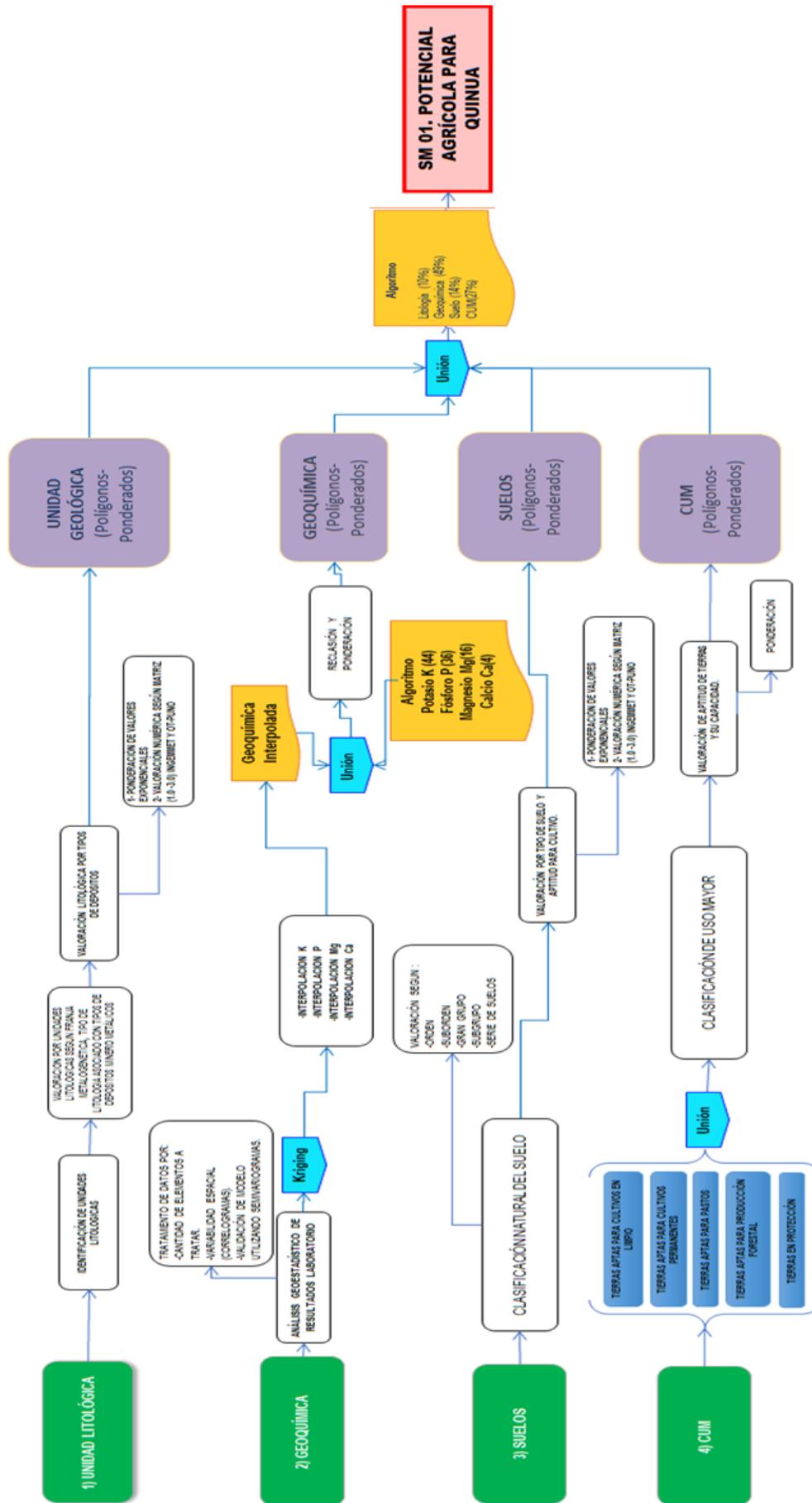


Figura Nro. 93: Construcción del diseño lógico - Flujo SIG para el Sub Modelo Agrícola para Quinoa.

PONDERACIONES Y DESCRIPCIÓN DE FLUJOS DE LAS VARIABLES PARA EL SUB-MODELO.

VARIABLE LITOLÓGICA

Se identifica mediante la naturaleza de las formaciones geológicas o unidades litológicas que tienen características favorables para el sembrío y producción de Quinua. A la vez tienen diferentes componentes litológicos que son importantes en la búsqueda de áreas con potencial Geoquímico en el distrito.

Para definir el proceso de ponderación de esta variable, se han identificado las unidades favorables a la concentración de minerales de acuerdo a la información de boletines, informes publicados por el INGEMMET.

Descripción y ponderación de la variable litológica

Para calificar cualitativamente el Potencial Agrícola enfocado Quinua en el ámbito priorizado se toma como elemento de valoración ponderada a la variable litológica, considerando las condiciones favorables de cada unidad litológica, mediante un análisis del recurso según su uso y llevado esto a una tabla de valoración propuesta por el ZEE-OT en base a INGEMMET y asignándole el peso que corresponde para esta variable, posteriormente se procede a un análisis espacial por geo-procesamiento de datos más la función de cálculo.

Tabla Nro. 48: *Asignación de valoración a la variable litológica.*

OBJECTID	Unidad Litológica	Simbología	Ponderación
1	Actividad antrópica	Actividad antrópica	1
2	Deposito Aluvial (1)	Qh-al1	2.5
3	Deposito Aluvial (2)	Qh-al2	2.2
4	Deposito Aluvial (3)	Qh-al3	2.5
5	Deposito Aluvial (4)	Qh-al4	2.2
6	Deposito Coluvial (1)	Qh-co1	2.8
7	Deposito Coluvial (2)	Qh-co2	2.4



OBJECTID	Unidad Litológica	Simbología	Ponderación
8	Deposito Coluvial (3)	Qh-co3	2.1
9	Deposito Coluvial (4)	Qh-co4	2
10	Deposito Coluvial (5)	Qh-co5	2.1
11	Deposito Coluvial (6)	Qh-co6	2.1
12	Deposito Coluvial (7)	Qh-co7	1.6
13	Deposito Fluvial	Qh-fl	1.8
14	Deposito Fluvio-Aluvial	Qh-fa	1.9
15	Deposito Lacustre	Qh-la	2.7
16	Formacion Ayabacas	Kis-ay	1.7
17	Formacion Chagrapi	SD-ch	1.6
18	Formacion Muni	JsKi-mu	1.6
19	Grupo Moho	Kis-mo	1.7
20	Grupo Tacaza	PN-ta	1.4
21	Intrusivo no denominado	PN-grd	1.3
22	Lago	Lago	1
23	Laguna	Laguna	1
24	Rio	Rio	1

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

Tabla Nro. 49: *Criterios de valoración, variable litología.*

SUB MODELO	03- POTENCIAL GEOQUÍMICO DE QUINUA Y POTENCIAL AGRÍCOLA PARA QUINUA
Objetivo	Identificar unidades territoriales con Potencial Agrícola para Quinua, su aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos Agrícolas del ámbito priorizado.
INSUMOS	a) Unidad litológica , b) Geoquímica c) Suelos d) CUM.
Criterios	a) Unidad Litológica. -Se considera con mayor valor a tipos de rocas y depósitos no consolidados que tengan potencialidad Geoquímica en cuanto a la producción Agrícola de Quinua; y con menor valor a las unidades litológicas (baja calidad Agrícola), Según tabla de valoraciones del INGEMMET y ZEE-OT.
Pesos	Unidad Litológica (9%) +Geoquímica (45%) +Suelos (18%) +CUM (28%) =100%
Procedimiento de Análisis	Análisis espacial por geo-procesamiento de datos (Función Unión) + fórmula de cálculo (Algoritmo)
Flujo de Proceso de Datos	

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.



Mapa ponderativo de litología

En el desarrollo del mapa ponderativo se caracteriza por presentar detalles de las unidades ponderadas con valoraciones del 1 al 3 considerando ponderaciones con precisiones en decimales, según importancia al Potencial Agrícola para Quinoa.

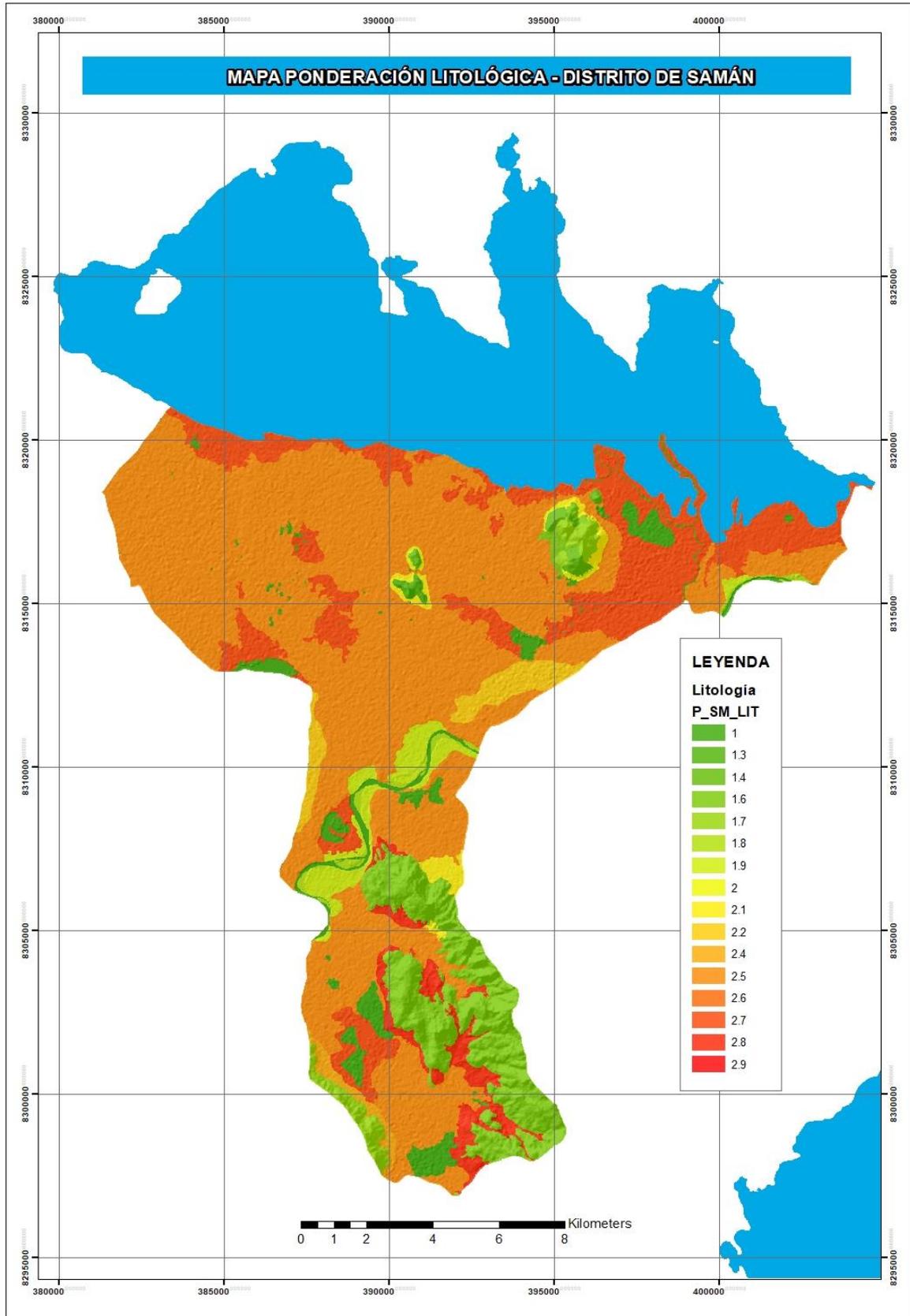


Figura Nro. 94: *Mapa ponderativo de la variable litológica.*



VARIABLE GEOQUÍMICA

Se ha realizado el mapa de la variable geoquímica, para una mejor determinación del Potencial Agrícola para Quinoa, la cual se ha obtenido mediante el análisis de muestras de suelos en el ámbito priorizado, El resultado del mapa con esta variable representa un área de influencia mediante la evaluación geoestadística de muestras que se ha enviado para su análisis de laboratorio.

Descripción y ponderación de la variable geoquímica

El resultado del mapa con esta variable, es una representación temática de una superficie probabilística (mapa de potencial geoquímico) a partir de los valores puntuales en cada muestra geoquímica. Esta superficie probabilística se realizará mediante un método de interpolación que garantice el menor sesgo estadístico. El método de interpolación indicado es el **Kriging**. Este procedimiento se soporta en la naturaleza de la información puntual de cada muestra geoquímica y se valida mediante el uso de la Geoestadística (con el uso de semivariogramas).

Tabla Nro. 50: Cuadro de criterios de valoración, variable geoquímica.

SUB MODELO	03- POTENCIAL GEOQUÍMICO DE QUINUA Y POTENCIAL AGRÍCOLA PARA QUINUA
Objetivo	Identificar unidades territoriales con Potencial Agrícola para Quinoa, su aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos Agrícolas del ámbito priorizado.
INSUMOS	a) Unidad litológica, b) Geoquímica , c) Suelos, d) CUM.
Criterios	b) Geoquímica. -Se considera con mayor valor a las zonas de isolíneas de concentración que tengan potencialidad Geoquímica en cuanto a la producción Agrícola de Quinoa; Y con menor valor a las áreas que escapan a las anomalías geoquímicas adaptado a tabla de valoración del INGEMMET y ZEE-OT.
Pesos	Unidad Litológica (9%) +Geoquímica (45%) +Suelos (18%) +CUM (28%) =100%
Procedimiento de Análisis	Análisis espacial por geo-procesamiento de datos (Función Unión) + fórmula de cálculo (Algoritmo)
Flujo de Proceso de Datos	

Fuente: Micro ZEE –OT-Puno

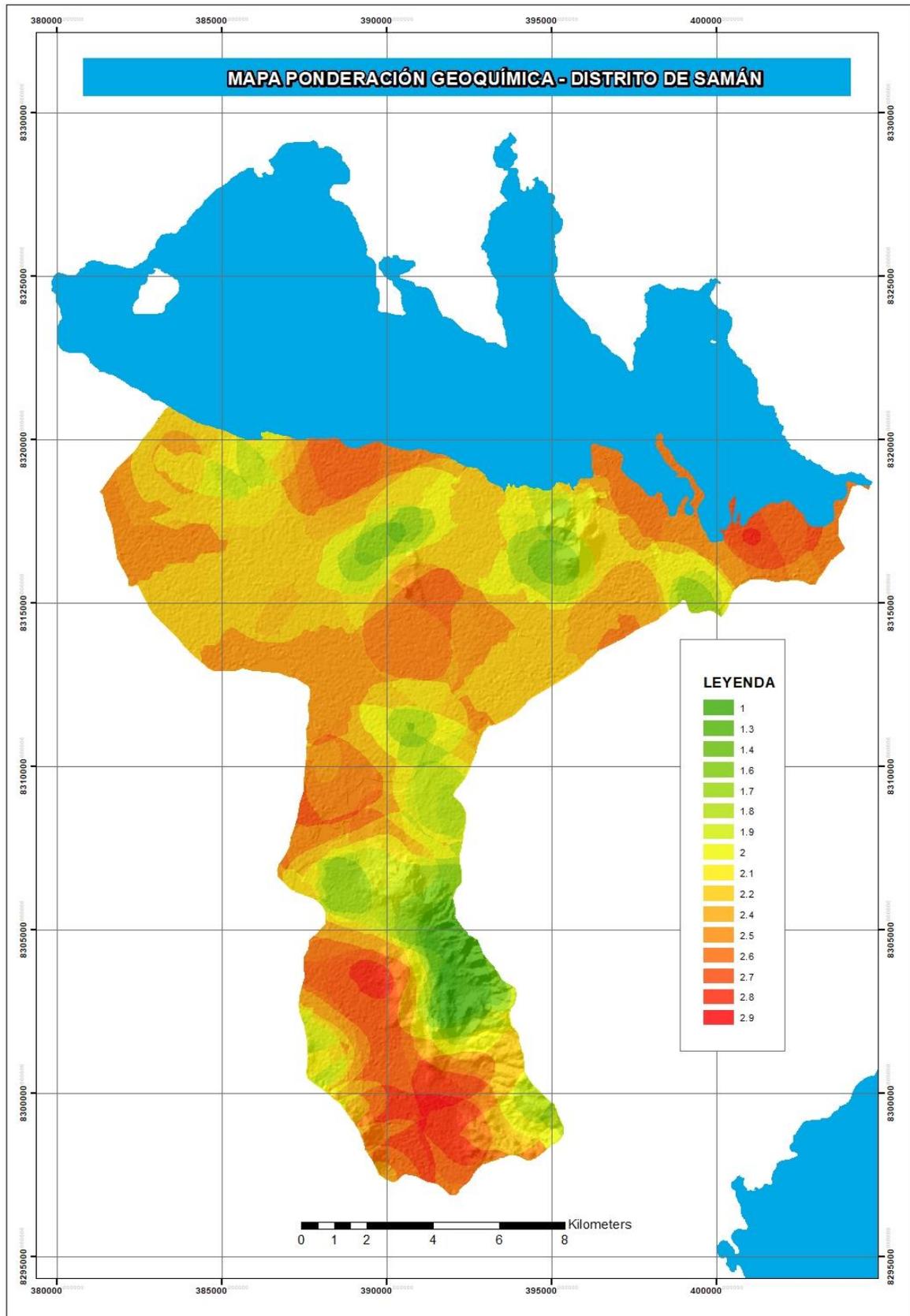


Figura Nro. 95: Mapa ponderativo de la variable geoquímica.

VARIABLE SUELO.

Descripción y ponderación de la variable Suelo

La valoración del suelo como variable se ha clasificado según el estado de desarrollo de la actividad Agrícola. El temático Suelos se obtiene a partir de las visitas técnicas al ámbito priorizado y la realización de calicatas para la respectiva clasificación.

Se trabajó con los siguientes campos variables, materia orgánica del suelo, fertilidad del suelo, textura del suelo, estructura del suelo, profundidad efectiva, consistencia del suelo, límite del suelo, nivel de PH del suelo, C.E del suelo y la clasificación taxonómica del suelo. De las cuales los más importantes fueron la materia orgánica, textura y PH de los suelos, ya que son factores determinantes para la producción óptima de los cultivos, principalmente de la Quinua.

Tabla Nro. 51: *Asignación de valoración a la variable Suelos.*

FID	UNIDAD	SIMB	Fertilidad	ORDEN	Ponderación
1	Actividad antrópica	AU	-	-	1
2	Banco de arena	BA	-	-	1.1
3	Caratela	CA	Baja	Inceptisol	1.7
4	Caratela	CA	Baja	Inceptisol	1.7
5	Chacamarca	CM	Baja	Entisol	2
6	Chacamarca	CM	Baja	Entisol	2
7	Chacamarca	CM	Baja	Entisol	1.9
8	Chucaripo	CH	Baja	Alfisol	1.6
9	Chucaripo	CH	Baja	Alfisol	1.6
10	Chucaripo pampa	CP	Baja	Inceptisol	2
11	Chucaripo pampa	CP	Baja	Inceptisol	2
12	Colincha	CO	Baja	Inceptisol	2.1
13	Copa Islana	CI	Baja	Inceptisol	1.9
14	Esqueleque	ES	Baja	Inceptisol	1.9
15	Esqueleque	ES	Baja	Inceptisol	1.9
16	Furuntani	FU	Baja	Entisol	1.7
17	Icallo	IC	Baja	Entisol	2.2
18	Icallo	IC	Media	Entisol	2.2
19	Icallo I	IL	Media	Inceptisol	2.7
20	Isilloa	IS	Baja	Mollisol	2.1



FID	UNIDAD	SIMB	Fertilidad	ORDEN	Ponderación
21	Jasana Grande	JG	Baja	Inceptisol	2.2
22	Lago	Lg	Lago	-	1
23	Laguna	lgna	Laguna	-	1
24	Muni Chico	MU	Baja	Inceptisol	2.2
25	Muni Chico	MU	Baja	Inceptisol	2.2
26	Muni Chico	MU	Baja	Inceptisol	2.3
27	Pampa Muni	PM	Baja	Alfisol	1.9
28	Pampa Muni	PM	Baja	Alfisol	2.6
29	Pupujia Colina	PC	Baja	Entisol	2
30	Pupujia Pata	PP	Baja	Entisol	2.2
31	Quejon Mocco	QM	Baja	Inceptisol	2
32	Quejon Mocco	QM	Baja	Inceptisol	2
33	Rio	Rio	Rio	-	1
34	Saman	SA	Baja	Entisol	1.9
35	Saman	SA	Baja	Entisol	1.9
36	Tambo	TA	Baja	Alfisol	1.9
37	Tambo	TA	Baja	Alfisol	1.9
38	Tambo	TA	Baja	Alfisol	1.9
39	Taquanchaqui	TC	Baja	Inceptisol	1.8

Fuente: Micro ZEE –OT-Puno



Tabla Nro. 52: Cuadro de criterios de valoración, variable Suelos.

SUB MODELO	03- POTENCIAL GEOQUÍMICO DE QUINUA Y POTENCIAL AGRÍCOLA PARA QUINUA
Objetivo	Identificar unidades territoriales con Potencial Agrícola para Quinua, su aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos Agrícolas del ámbito priorizado.
INSUMOS	a) Unidad litológica, b) Geoquímica, c) Suelos , d) CUM.
Criterios	c)Suelos. -Se considera con mayor valor a las zonas favorables en cuanto a materia orgánica del suelo, fertilidad del suelo, textura del suelo, estructura del suelo, profundidad efectiva, consistencia del suelo, límite del suelo, nivel de PH del suelo, C.E del suelo y la clasificación taxonómica del suelo; Y con menor valor a las áreas que no tienen la capacidad productora de Quinua adaptado a tabla de valoración del INGEMMET y ZEE-OT.
Pesos	Unidad Litológica (9%) +Geoquímica (45%) +Suelos (18%) +CUM (28%) =100%
Procedimiento de Análisis	Análisis espacial por geo-procesamiento de datos (Función Unión) + fórmula de cálculo (Algoritmo)
Flujo de Proceso de Datos	

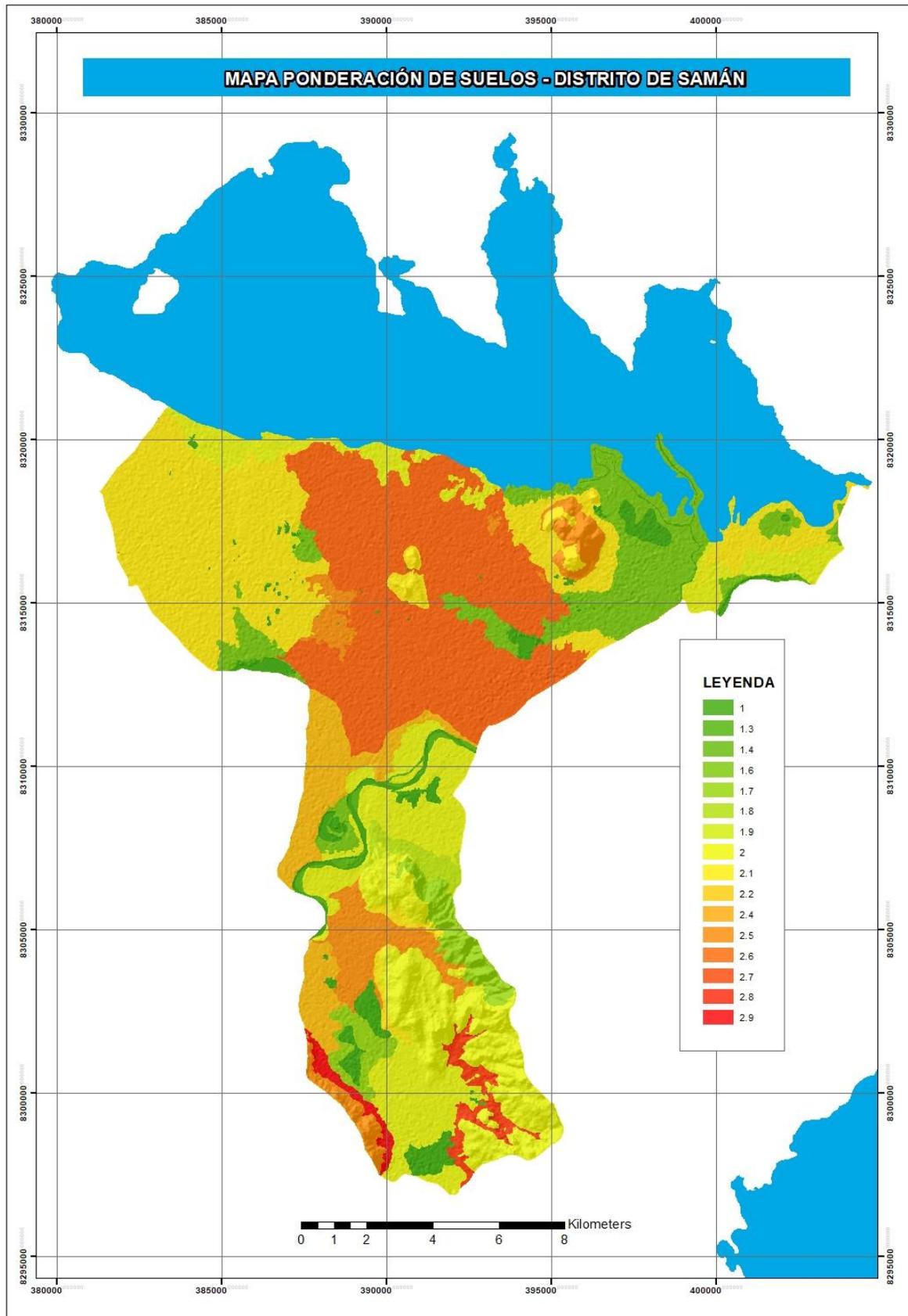


Figura Nro. 96: Mapa de ponderación de suelos para Aptitud Quinoa.



VARIABLE CUM (CAPACIDAD DE USO MAYOR).

Descripción y ponderación de la variable CUM

Para lograr este insumo se tuvo que trabajar en base al DS. 017 del 2009 AG. de Clasificación de tierras, de las cuales se clasificaron un agrupamiento de tierras para cultivos en limpio, tierras con pastos y tierras en protección. Los criterios de ponderación aptitud para quinua se consideró de la siguiente manera para CUM.

Tabla Nro. 53: *Asignación de valoración a la variable CUM.*

OBJ	GRUPO	CLASE	SUBCLASE	Ponderación
1			AU	1
2	A	A3	A3s	2.7
3	A	A3	A3sc	2.6
4	A-P	A3- P3	A3sc-P3sc	2.2
5	Arena	Arena	X°(arena)	1
6	Lagu	Lagu	X°(lagu)	1
7	Lg	Lg	X°(lag)	1
8	P	P3	P3s	1.7
9	P	P3	P3sc	1.6
10	P	P3	P3se	1.6
11	P	P3	P3sec	1.4
12	P	P3	P3slwi	1.4
13	P	P3	P3wl	1.4
14	P-A	P3- A3	P3sc-A3sc	1.9
15	P-A	P3- A3	P3swc- A3swc	1.8
16	Rio	Rio	X°(rio)	1
17	X	X	Xcl	1.1
18	X	X	Xse	1.1
19	X	X	Xsec	1.1

Fuente: Micro ZEE –OT-Puno

Tabla Nro. 54: Cuadro de criterios de valoración, variable CUM.

SUB MODELO	03- POTENCIAL GEOQUÍMICO DE QUINUA Y POTENCIAL AGRÍCOLA PARA QUINUA
Objetivo	Identificar unidades territoriales con Potencial Agrícola para Quinoa, su aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos Agrícolas del ámbito priorizado.
INSUMOS	a) Unidad litológica, b) Geoquímica, c) Suelos, d) CUM.
Criterios	d)CUM. -Se considera con mayor valor a las agrupaciones de los suelos en base a su calidad agrológica, que refleja la potencialidad y grado de amplitud para uso agrícola.; Y con menor valor a las áreas que tienen limitaciones para uso agrícola, adaptado a tabla de valoración del INGEMMET y ZEE-OT.
Pesos	Unidad Litológica (9%) +Geoquímica (45%) +Suelos (18%) +CUM (28%) =100%
Procedimiento de Análisis	Análisis espacial por geo-procesamiento de datos (Función Unión) + fórmula de cálculo (Algoritmo)
Flujo de Proceso de Datos	

Fuente: Micro ZEE –OT-Puno

Mapa ponderativo

En el desarrollo del mapa ponderativo se caracteriza por presentar detalle de las unidades ponderadas con valoraciones del 1 al 3 considerando ponderaciones con precisiones en decimales, según importancia al potencial Agrícola para Quinoa.

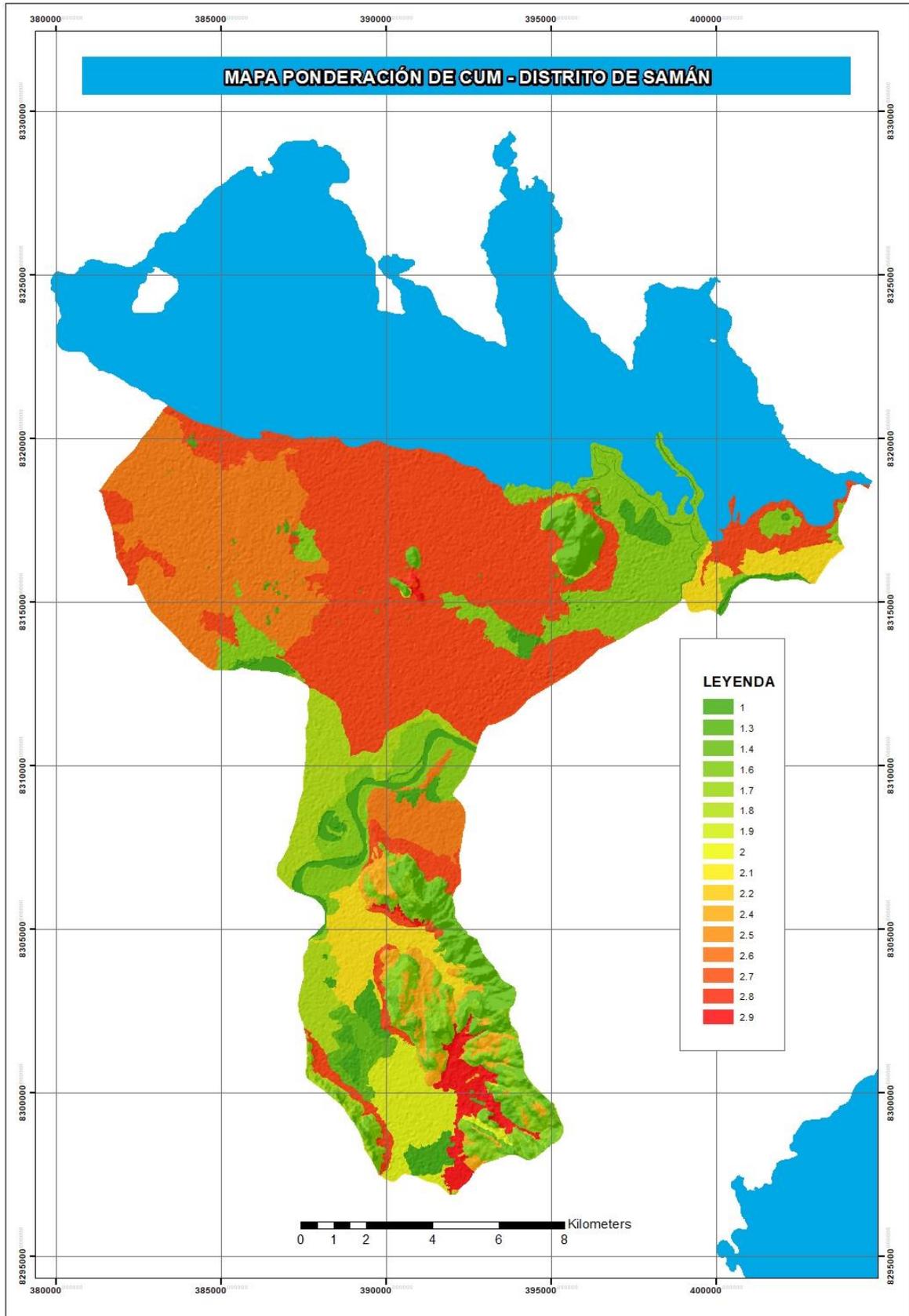


Figura Nro. 97: Ponderación de CUM para Aptitud Quinoa.



ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE PESOS DE LAS VARIABLES PARA EL SUB-MODELO

Para el desarrollo de los sub modelos finales se requieren un ajuste de pesos para cada variable o insumo de manera que se hace el uso de una matriz de comparaciones pareadas de los insumos, teniendo así un peso respectivo cada variable según criterio de preponderante para el potencial Agrícola para Quinua.

Variable litológica

Para calificar cualitativamente el potencial geológico-Agrícola en el distrito de Samán se toma como elemento de valoración ponderada a la variable litológica, considerando la potencialidad en cuanto a la relación que hay geoquímicamente hablando; mediante un análisis del recurso según su uso y llevado esto a una tabla de valoración propuesta por la ZEE-OT-Puno en base a INGEMMET, luego se procede a un análisis espacial por geoprocésamiento de datos mediante la función de cálculo de algoritmos.

Variable Geoquímica

Considerando que la geoquímica es una herramienta conocida en cuanto a la predicción, para una mejor determinación del potencial Agrícola para Quinua usamos esta variable para encontrar zonas de mayor concentración de elementos de nuestro interés, la cual se ha obtenido mediante muestras de suelo, obtenidas mediante calicatas. El resultado del mapa con esta variable representa un área de influencia mediante la evaluación geoestadística de muestras que se ha enviado para su análisis de laboratorio, y que posteriormente se ha interpolado.

Variable Suelos

Un mapa temático referido a suelos nos brinda suficiente información en cuanto a la cantidad materia orgánica del suelo, fertilidad del suelo, textura del suelo, estructura del suelo, profundidad efectiva, consistencia del suelo, límite del suelo, nivel de PH del suelo, C.E del suelo y la clasificación taxonómica del suelo. De las cuales podemos hacer una clasificación tomando en cuenta los anteriores parámetros y así zonificar la potencialidad.

Variable Capacidad de Uso Mayor (CUM)

Las unidades de capacidad de uso mayor a nivel sub clase, se ha agrupado de acuerdo a porcentajes de proporción en las asociaciones y predominancias de capacidad de uso mayor que conlleva el levantamiento de suelos a nivel de reconocimiento, donde se aplica el D.S. 017- 2009 AG. Para clasificación de tierras adecuado al mismo, que consiste en agrupamiento de tierras según sus cualidades y posibilidades para su uso agrícola, de acuerdo con las mayores o menores limitaciones que presenten los suelos.

Tabla Nro. 55: *Matriz de datos pareados.*

	V1	V2	V3	V4
V1	1.00	0.50	0.20	0.50
V2	2	1.00	0.50	3.00
V3	5	2	1.00	3.00
V4	2	1/3	1/3	1.00
Pi	10.00	3.83	2.03	7.50

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.



Tabla Nro. 56: *Matriz de normalización.*

	Wi	Ci	LAMDAi	Ci=	0.0289499	
V1	0.47	0.10	0.98			
V2	1.32	0.27	1.05	Rci=	0.99	
V3	2.34	0.49	0.99			
V4	0.69	0.14	1.07	CR=	0.0292	Consistente
Pi	4.82		4.09	λmax		

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

Tabla Nro. 57: *Cuadro de ponderación (pesos).*

		PESOS
V1	Litología	0.10
V2	CUM	0.27
V3	Geoquímica	0.49
V4	Suelo	0.14
		1.00

Elaboración: Equipo técnico IPOT, Puno.

ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS REASULTADOS DEL SUB MODELO

En este capítulo se analizan los resultados del sub modelo del recurso, en función a cada componente y se interpreta el sub modelo en base a las áreas o polígonos que muestran el potencial de los recursos no renovables muy alto y alto referidos a la totalidad del área de distrito de Samán.

El Sub modelo de recursos naturales de potencial Agrícola para Quinua del área de intervención cuenta con un 0.35% del total con un potencial para Quinua en la categoría de nivel muy alto representado por áreas en las comunidades de Segundo Chacamarca y Jergachi.

En la categoría de nivel alto se tiene un 21.72% del total repartiéndose en áreas en el norte con las comunidades de Primer Sector Hombrehuaty, Primer- Segundo Chacamarca, Muni Chico, Accarapisco, Jacho, etc. Y en el Sur con las comunidades de Jasana Grande, Charcapunca, Sachapata, Chascaca, etc.

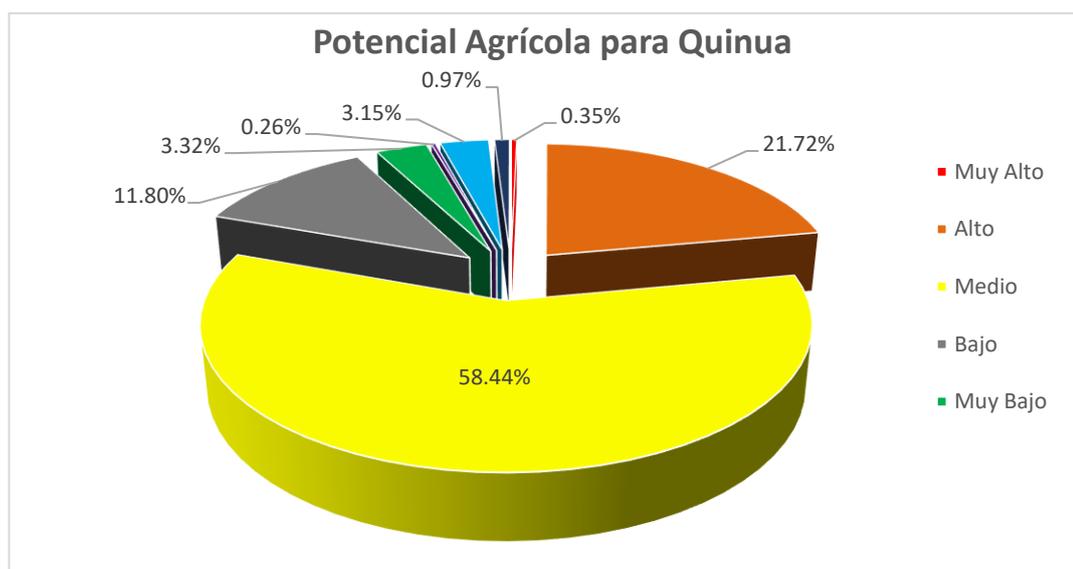


Figura Nro. 98: Torta estadística de distribución porcentual del potencial Agrícola para Quinua.



Tabla Nro. 58: Cuadro de porcentajes de niveles del potencial Agrícola para Quinua.

Nivel	Extensión Superficial en Ha	Área en %
Muy Alto	71.07	0.35
Alto	4462.16	21.72
Medio	12003.9	58.44
Bajo	2424.1	11.80
Muy Bajo	682.57	3.32
Centro Urbano	52.74	0.26
Laguna	646.5	3.15
Rio	198.84	0.97
Total	20541.88	100

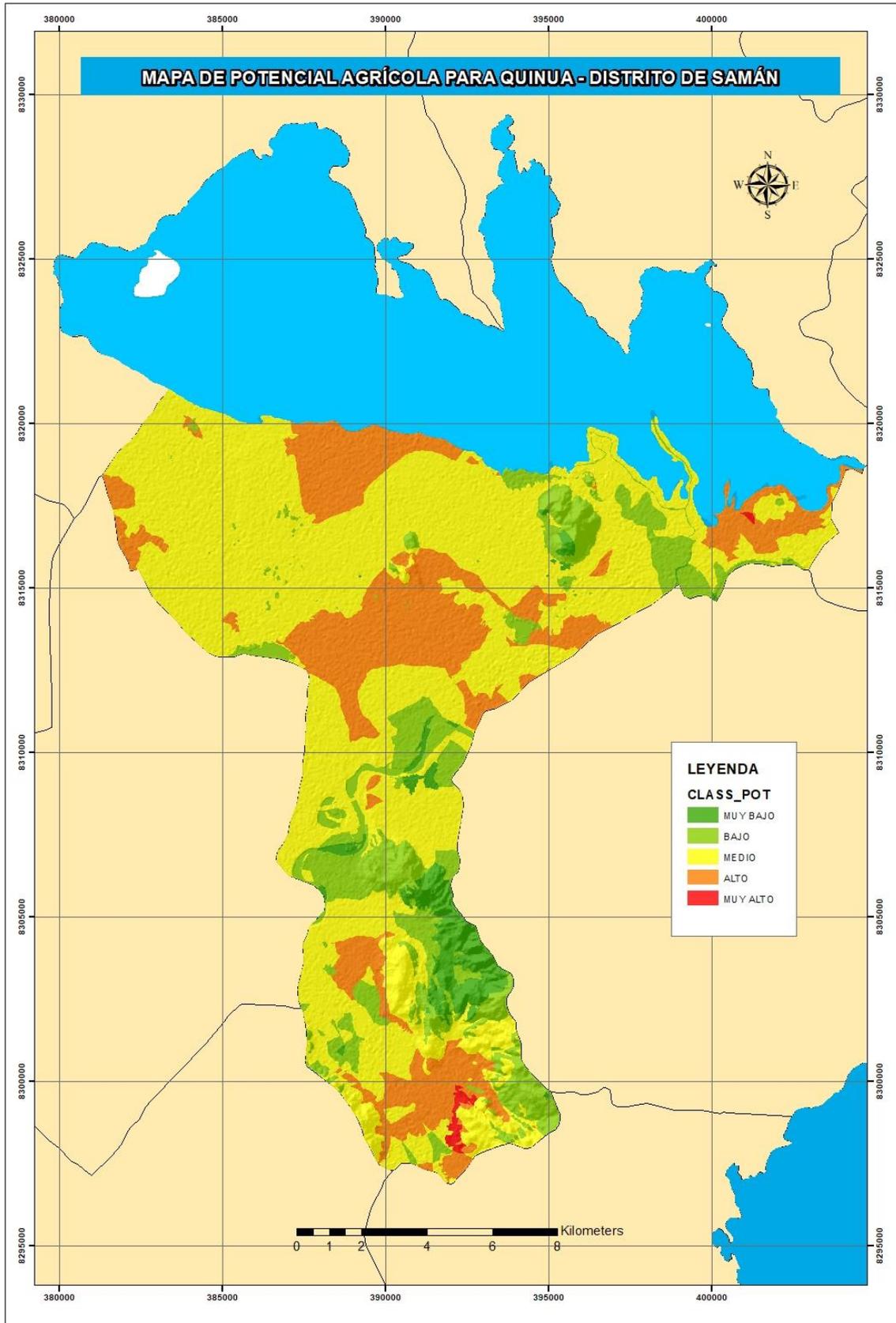


Figura Nro. 99: Mapa sub modelo final del potencial Agrícola para Quinua.



VI. CONCLUSIONES

- El mapeo geológico del distrito de Samán muestra 24 unidades litológicas de las cuales, las que tienen mayores extensiones territoriales son los sedimentos cuaternarios, como los depósitos aluviales-1 que representa el 39.72 % del área total. Entre las unidades litológicas con menor extensión se encuentran constituidas por sedimentos cuaternarios como es el caso de, depósitos coluviales-3 (Qh-co3) que representa el 0.17 % del área total. En el área de intervención existe un único intrusivo de composición granodiorítica que se encuentra al norte de la ciudad de Samán y tiene una extensión superficial de 0.15% del área total. En cuanto al mapeo geomorfológico del distrito de Samán se identificaron 16 unidades; de las cuales, las que más predominan son las llanuras aluviales que representa el 41.64% del área total seguidas de llanuras inundables que representa el 11.69% del área total.
- La información temática generada en el distrito de Samán consta de: mapa litológico, geomorfológico, ocurrencias minero metálicas y no metálicas, concesiones mineras, geoquímica, capacidad de uso mayor y suelos.
- El mapa de las potencialidades físico-ambientales refleja que: El Potencial minero metálico 0.37% como alto, 3.04% como medio, 19.65% como bajo y 72.95% como muy bajo. En el potencial minero no metálico se tiene: 4.51% como muy alto, 10.37% como alto, 77.42% como medio y como bajo el 3.33%. Dentro de las sustancias no metálicas se tiene al yeso, los materiales agregados como las gravas y arenas emplazadas a riveras del río Ramis y posibles canteras de calizas que pertenecen a formación Ayabacas; éstas resaltan en el sub modelo con nivel de valoración de muy alto en el distrito. Según el muestreo y análisis de suelos se tiene un potencial agrícola para quinua, que ha registrado un área porcentual de



0.35% como muy alto, como alto un 21.72%, como medio un 58.44% y como bajo el 11.80%; todos los porcentajes con respecto al área total del distrito.



VII. RECOMENDACIONES

- Las imágenes de satélite RapidEye entregadas son exclusivas para el uso en los Procesos de Ordenamiento Territorial, la gestión del riesgo de desastres, la protección del medio ambiente y el aprovechamiento racional de los recursos naturales, cualquier uso distinto deberá comunicarse y coordinarse con la Dirección General de Ordenamiento Territorial del Ministerio del Ambiente. Los mapas temáticos son elaborados a una escala 1:25000 de manera que existen unidades Litológicas que no figuran a esta escala.
- Tomar en cuenta que en la parte social la accesibilidad se hace complicada, y que este tipo de estudios se hace con la finalidad de planificar mejor el ordenamiento del territorio, con la ayuda de un relacionista comunitario concientizar y trabajar de la mano con la población.
- Se recomienda tener en cuenta que estos mapas temáticos son dinámicos ya que algunas unidades pueden variar en función al tiempo tal es el caso de los ríos que modifican sus formas muy rápidamente. Se recomienda tomar en cuenta estos mapas geomorfológicos para usos en estudios de riesgos y peligros naturales, también como base en el estudio fisiográfico de otras disciplinas.
- Estos estudios de potencial de la ZEE, también tienen su utilidad como instrumento técnico orientador para la toma de decisiones y en consecuencia el desarrollo social y de acondicionamiento territorial de las municipalidades. Se recomienda tener en cuenta que los estudios del potencial están basados bajo la evaluación de estudios superficiales 2D, lo cual está sujeto a cambios y modificaciones, por lo que la información en este documento es flexible y variable según al aporte de mayor información que se pueda adquirir mediante otros estudios que puedan aportar a mejorar y demostrar una mejor realidad.



- Los estudios del sub modelo puede presentar ciertas limitaciones, debido a la escala en la que se trabajó que es de 1:25000 que ciertamente resulta ser detallado, sin embargo, cabe indicar que existen aún más unidades de importancia económica que no se han incluido debido a que se presentan en formas muy reducidas espacialmente.
- Se recomienda tener en cuenta que, en los estudios de Potencial Agrícola, no se tiene información previa acerca de la aplicación del análisis Geoquímico interpolativo, de modo que este trabajo es muestra de la aplicabilidad de los métodos empleados en este tipo de rubro.



VIII. REFERENCIAS

- Agricultura, M. de. (2010). *DS Nro 013-2010-AG. Reglamento para la ejecución de levantamiento de suelos.pdf* (p. 26). Artículo 118, de la Constitución Política del Perú.
- Alzate, B. (2001). *Modelando El Mundo Real Mediante el Uso del SIG*.
- Burgess, T. M., & Webster, R. (1980). Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: I the semi-variogram and punctual kriging. *Journal of Soil Science*, 31(2), 315–331.
- Caballero, W., Giraldo, R., & Mateu, J. (2013). A universal kriging approach for spatial functional data. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27(7), 1553–1563.
- Carlotto, V., Fidel, L., & Chirif, H. (2010). LA GEOLOGÍA EN LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO: GUÍA PARA LA ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA. *INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico*, 9(1259), 1259–1262.
- Castro, C., & Bringnardello, L. (2005). Geomorfología aplicada a la ordenación territorial de litorales arenosos . Orientaciones para la protección , usos y aprovechamiento sustentables del sector de Los Choros. *Revista de Geografía Norte Grande*, núm. 33, 33–57.
- Clark, I. (1979). *Practical Geostatistics* (Vol. 3). Applied Science Publishers.
- David, M. (2012). *Geostatistical ore reserve estimation*. Elsevier.
- FAO. (1997). Zonificación Agroecológica. *Roma, Italia, Boletín 73*, 51 p.
- Flores, M. D., Franco, M. E. V. E., Ricalde, D. C., Garduño, A. A. L., & Apáez, M. R. (2013). *Metodología de la investigación*. Editorial Trillas, SA de CV.
- Gamma Design Software, L. (2015). *GS+ GeoStatistics for the Environmental Sciences*. gammadesign.com
- González, J., Guerra, F., & Gómez, H. (2007). Conceptos básicos de geoestadística en geografía y ciencias de la tierra: Manejo y aplicación. *Geoenseñanza*, 12(1), 81–90.
- Gutiérrez Elorza, M. (2008). *Geomorfología* (Issue 551.4 GUT).
- Lantada, N., & Nuñez, M. (2004). Sistemas de Información Geográfica Prácticas con ArcView. In *Ediciones Alfa omega Grupo Editor*.
- Legrá Lobaina, A. A., & Atanes Beatón, D. M. (2010). Variogramas adaptativos : un método práctico para aumentar la utilidad del error de estimación por kriging. *Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr Antonio Nuñez Jiménez,” v.26 n.4*, 53–78. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223515971005>
- Lopez Ramirez, A. (2018). *Geología y geomorfología a nivel microzonificación para la Zonificación Ecológica y Económica del distrito de Cabana-Puno*.
- Manual-RapiEye. (2016). *RAPIDEYE™ IMAGERY PRODUCT SPECIFICATIONS (VERSION 6)*. PLANET.COM. SALES@PLANET.COM



- Marocco, R., & Del Pino, M. (1966). *Geología del Cuadrángulo de Ichuña 33-u-[Boletín A 14]*.
- Mercado Herrera, R. M. (2017). *Aplicación de Modelos de Geoprocesamiento para la Optimización de Procesos SIG en el Área Ambiental de HMV Ingenieros LTDA Mediante la Herramienta Model Builder de ARCGIS*.
- Moguel, E. A. R. (2005). *Metodología de la Investigación*. Univ. J. Autónoma de Tabasco.
- Newell, N. D. (1949). *Geology of the lake Titicaca region, Peru and Bolivia* (Vol. 36). Geological Society of America.
- Ninaraqui Borda, D. G. (2014). *Zonificación agroecológica en función de los elementos hidrometeorológicos en la cuenca del Río Ramis*.
- Padrón Pereira, C. A., Oropeza González, R. A., & Montes Hernández, A. I. (2015). Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento . Aspectos relacionados con otras áreas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5(2), 166–218.
- Pilco Mamani, E. (2017). *Modelo geomorfológico fluvial para los planes de ordenamiento territorial y prevención de desastres en la ciudad de Iquitos*.
- Prieto, G., & Espinoza, Á. (2011). *Manual de geoquímica* (L. E. VÁSQUEZ SALAMANCA (ed.)). INGEOMINAS (Instituto colombiano de Geología y Minería).
- Puerta Tuesta, R., Rengifo Trigozo, J., & Bravo Morales, N. (2011). *ARCGIS Básico*. 148.
- Quispe, J. (2002). *Curso de Sistemas de Información Geográfica* (U. N. M. de S. Marco (ed.)).
- Raimondi, A., & Balta, J. (1902). “ *El Perú* ”.: *Estudios mineralógicos y geológicos (primera serie)*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Reuter, H. I., Hengl, T., Gessler, P., & Soille, P. (2009). Preparation of DEMs for geomorphometric analysis. *Developments in Soil Science*, 33, 87–120.
- Rodríguez Achung, F., Fachín Malaverri, L., & Encarnación Cajañaupa, F. (2007). *Manual para la zonificación ecológica y económica a nivel macro y meso*.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1980). Hierarchical analysis of behavior in competition: Prediction in chess. *Behavioral Science*, 25(3), 180–191.
- Sánchez Campos, K. (2002). *Metodología de análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de manejo del recurso hídrico en la cuenca del Río Sarapiquí, Costa Rica* *Multicriteria analysis methodology for the identification of priority areas for water resources mana*. CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Sánchez, J. Z. (2010). Kriging: Un método de interpolación sobre datos dispersos. *México DF*. <https://lya.fciencias.unam.mx/computocientifico/archivos/PMK-S1.pdf>
- Smith, R. C., & Baker, K. S. (1978). Optical classification of natural waters 1. *Limnology and Oceanography*, 23(2), 260–267.



- Webster, R., & Burgess, T. M. (1980). Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties III changing drift and universal kriging. *Journal of Soil Science*, 31(3), 505–524.
- Wilson, J. J., & García, W. (1962). *Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca (Hojas 36-vy 36-x)-[Boletín A 4]*.
- Zanazzi, J. L. (2003). Anomalías y supervivencia en el método de toma de decisiones de Saaty. *Problemas Del Conocimiento En Ingeniería y Geología*, 1, 148–170.



ANEXOS

Lista Índice:

1. Mapa de Ubicación
2. Mapa Litoestratigráfico
3. Mapa Geomorfológico
4. Mapa de Ocurrencias minero metálicas
5. Mapa de Ocurrencias minero no metálicas
6. Mapa Geoquímico minero metálico
7. Mapa Geoquímico de Suelos
 - Geoquímica K
 - Geoquímica Ca
 - Geoquímica P
 - Geoquímica Mg
8. Mapa de Concesiones minero no metálicas
9. Mapa de Suelos
10. Mapa de Capacidad de uso mayor
11. Mapa de Potencial Minero Metálico
12. Mapa de Potencial Minero no Metálico
13. Mapa de Potencial Agrícola para Quinua